



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Genno Geven Luhtaru, Kristo Peedosaar

**KONTSEENTRILISE ASETUSEGA ERINEVATEST
PUIDULIIKIDEST LAMELLIDEGA LIIMPUITLATTIDE
TUGEVSOMADUSTE UURIMINE, NENDE
KASUTAMISEKS PUITVÕRKKOORIKUTES**

ANALYSING STRENGTH PROPERTIES OF
CONCENTRICALLY POSITIONED GLULAM BARS MADE
OUT OF VARIOUS SPECIES OF TIMBER LAMELLAS FOR
USAGE IN TIMBER GRIDSHELLS

Magistritöö
Maaehituse õppekava

Juhendaja: lektor Tõnis Teppand, *MSc*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autorid: Genno Geven Luhtaru, Kristo Peedosaar		Õppekava: Maaehitus (382)	
Pealkiri: Kontsentrilise asetusega erinevatest puiduliikidest lamellidega liimpuitlattide tugevusomaduste uurimine, nende kasutamiseks puitvõrkkoorikutes			
Lehekülgi: 119	Jooniseid: 51	Tabeleid: 17	Lisasid: 12
Õppetool:		Maaehituse ja veemajanduse õppetool	
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:		Loodusteadused ja tehnika, T220	
Juhendaja(d):		Tõnis Teppand	
Kaitsmiskoht ja -aasta:		Tartu 2018	
<p>Käesolevas magistritöös uuriti peamiselt kontsentrilise asetusega liimpuitlattide tugevus- ja elastsusomadusi. Lisaks katsetati ka võrdluse saamiseks kuuse täispuidust ja kiudude suunaga paralleelselt üksteise peale asetatud lamellidest liimpuitlatte. Magistritöö eesmärgiks on valmistada ja katsetada erinevatest puiduliikidest lamellidega kokku liimitud katsekehasid.</p> <p>Katsetamiseks valmistati üksteist erineva seeria katsekaha: kaheksa eri puuliigi kombinatsiooniga kontsentrilise asetusega liimpuitlatti (<i>CCLT</i>), kaks erineva lamelli paksusega traditsioonilist liimpuitlatti (<i>GL</i>) ning lisaks ka kuuse täispuidust latid (<i>SS</i>). Iga katsekeha lõplikuks pikkuseks oli 1500 mm ja ristlõikeks 80x80 mm. Kõigi katsekehade tegemisel kasutati niiskuskindlat puiduliimi Eskaro B3. Katseseadmega INSTRON 3369 tehti valmistatud lattidega nelja punkti paindekatsed ning universaalse katseseadmega P-125 survekatsed, mille tulemusena saadi teada liimpuidust lattide purustavad jõud ja siirded.</p> <p>Katsetulemustest järeldati, et kontsentrilise asetusega erinevatest puiduliikidest liimpuit lattide tugevusomadused on paremad kui täispuidust ja kiudude suunaga paralleelsetest lamellidest liimitud katsekehade omad. Kontsentrilise asetusega 45° (<i>diamond shape</i>) all koormatud lattide keskmiseks paindetugevuseks saadi 82,53 MPa ja 90° (<i>rectangular shape</i>) all koormatud katsekehade keskmiseks paindetugevuseks 72,69 MPa. Kontsentrilise asetusega erinevates puiduliikidest kombineeritud liimpuitlattide keskmiseks survetugevuseks pikikiudu 48,03 MPa. Võrdluseks täispuiduga saadi katsekehade keskmine paindetugevus ligi kaks korda väiksem ja survetugevus pikikiudu 36,80 MPa. Paremaks võrdluse saamiseks koostati ka kiudude suunaga paralleelsetest lamellidest kokku liimitud puitlatid.</p>			
Märksõnad: koorikkonstruktsioon, puiduliim, puitlamell, elektronmikroskoop, elastsusmoodul			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Authors: Genno Geven Luhtaru, Kristo Peedosaar		Curriculum: Civil Engineering (Rural Building) (382)	
Title: Analysing Strength Properties of Concentrically Positioned Glulam Bars made out of Various Species of Timber Lamellas for Usage in Timber Gridshells			
Pages: 119	Figures: 51	Tables: 17	Appendixes: 12
Department / Chair:		Chair of Rural Building and Water Management	
Field of research and (CERC S) code:		Natural Sciences and Engineering, T220	
Supervisors:		Tõnis Teppand	
Place and date:		Tartu 2018	
<p>Given master's thesis focused on the research of concentrically composited glulam bars and their strength and elastic properties. In addition to the concentrically composited glulam bars there has been made specimens out of solid timber and specimens with lamellas that are parallel to the grain. Purpose of this master's thesis is to produce and test glulam bars with lamellas that are made out of different species of wood.</p> <p>For the testing there were made eleven different series specimens: eight with different cross-sections with concentrically positioned lamellas (CCLT), two types of traditional glulam bars using lamellas with different dimensions (GL) and finally solid spruce bars. Every specimen had final length of 1500 mm and cross-section dimensions 80 x 80 mm. All the glulam bars were made using moisture proof wood glue Eskaro B3. Four point bending tests were carried out with testing machine INSTRON 3369 and compressive tests were carried out with universal testing machine P-125.</p> <p>Regarding the test results it can be said that concentrically positioned glulam bars made out of different species of wood had better strength properties than solid timber or specimens made out of lamellas that were parallel to the grain. On average concentrically composited glulam bars achieved 82,53 MPa in 45° (diamond shape) bending strength and under 90° (rectangular shape) an average bending strength for concentrically composited glulam bars was 72,69 MPa. On average concentrically composited glulam bars achieved compressive strength 48,03 MPa parallel to the grain. Solid timber specimens had an average bending strength almost two times lower compared to concentrically composited glulam bars and compressive strength parallel to the grain 36,80 MPa. For better comparison there were made glulam bars out of lamellas parallel to the grain.</p>			
Keywords: shell structure, wood glue, timber lamella, electron microscope, modulus of elasticity			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ANALÜÜS	10
1.1. Ehituskoorikud	10
1.1.1. Koorik	10
1.1.2. Vörkkoorik	11
1.1.3. Puitvörkkoorik	12
1.1.4. Vörkkoorikute eelised	12
1.2. Puitvörkkoorikute näiteid	13
1.2.1. Essen'i puitvörkkoorik	13
1.2.2. Mannheim Multihalle puitvörkkoorik	14
1.2.3. Weald & Downland'i puitvörkkoorik	15
1.3. Liimpuit	17
1.3.1. Ajalugu	17
1.3.2. Tootmistehnoloogia	17
1.3.3. Eelised	19
1.4. Liimpuitkonstruktsioonide näiteid	20
1.4.1. Liimpuidust tooted	20
1.4.2. USDA Forest Products Laboratory	22
1.4.3. The University of British Columbia Brock Commons- Tall Wood Building	23
2. KATSEMETOODIKA	24
2.1. Vörkkooriku mudeli visualiseerimine	24
2.1.1. 3D-printimine	25
2.2. Liimpuitlattice valmistamise eesmärk	26
2.3. Katsekehade ettevalmistustööd	28
2.3.1. Toormaterjal katsekehade valmistamiseks	28
2.3.2. Kasutatud seadmed katsekehade töötlemiseks	29
2.3.3. Materjalide töötlemine	29
2.4. Katsekehade valmistamine	32
2.4.1. Rakised puitlamellide liimimiseks	32
2.4.2. Rakise digitaalne 3D-mudel nihutatud lamellidega katsekehade valmistamiseks	34
2.4.3. CCLT-seeria katsekehade liimimine	35

2.4.4.	<i>GL</i> - seeria katsekehade liimimine	38
2.5.	Katsetetoodika	40
2.5.1.	Paindekatse	40
2.5.2.	Survekatse pikikiudu	45
2.5.3.	Katsekehade uurimine elektronmikroskoobiga	47
3.	KATSETULEMUSED JA ANALÜÜS	49
3.1.	Paindekatsete tulemused ja analüüs	49
3.1.1.	45° (<i>diamond shape</i>) all koormatud <i>CCLT</i> - ning <i>SS</i> -seeria paindekatsete tulemused.....	49
3.1.2.	90° (<i>rectangular shape</i>) all koormatud <i>CCLT</i> -seeria paindekatsete tulemused	51
3.1.3.	<i>GL</i> -seeria paindekatsete tulemused	52
3.1.4.	45° (<i>diamond shape</i>) all koormatud <i>CCLT</i> - ning <i>SS</i> -seeria paindekatsete analüüs	54
3.1.5.	90° all (<i>rectangular shape</i>) koormatud V 02-, <i>CCLT</i> - ja <i>GL</i> -seeria paindekatsete analüüs	58
3.2.	Survekatsete tulemused ja analüüs	63
3.2.1.	<i>CCLT</i> -, <i>SS</i> - ning <i>GL</i> -seeria survekatse tulemused.....	63
3.2.2.	<i>CCLT</i> -, <i>SS</i> - ja <i>GL</i> -seeria pikikiudu survekatsete analüüs.....	66
3.3.	Elektronmikroskoobiga uuritud katsekehade tulemused ja analüüs	71
	KOKKUVÕTE	74
	KASUTATUD KIRJANDUS	77
	LISAD	80
	Lisa 1. Eskaro B3 niiskuskindla puiduliimi tehniline leht.....	81
	Lisa 2. Katsekehade liimimiste protokoll	83
	Lisa 3. Nelja punkti paindekatsete protokoll	86
	Lisa 4. Survekatsete protokoll	97
	Lisa 5. 45° all (<i>diamond shape</i>) koormatud paindekatsete katse- ja arvutustulemuste koondtabel	107
	Lisa 6. 45° all (<i>diamond shape</i>) koormatud paindekatsete purunemisgraafikud	108
	Lisa 7. 90° all (<i>rectangular shape</i>) koormatud paindekatsete katse- ja arvutustulemuste koondtabel	110
	Lisa 8. 90° all (<i>rectangular shape</i>) koormatud <i>CCLT</i> -seeria paindekatsete purunemisgraafikud.....	111
	Lisa 9. 90° all (<i>rectangular shape</i>) koormatud <i>GL</i> -seeria paindekatsete purunemisgraafikud.....	112
	Lisa 10. Survekatsete katse- ja arvutustulemuste koondtabel pikikiudu	113
	Lisa 11. Survekatsete purunemisgraafikud pikikiudu	115

Lisa 12. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta **Tõrge! Järjehoidjat pole määratletud.**

SISSEJUHATUS

Puit on üks vanimaid ehitusmaterjale, mida maailmas on kasutatud. Tänu kergele omakaalule, heale töödeldavusele ja piisavale tugevusele leiab puit laialdast kasutust tänapäeva ehitussektoris. Puit on väga rohkete kasutusvõimalustega taastuv loodusvara, mis on võrreldes betooni ja metalliga tunduvalt soodsam ehitusmaterjal.

Nüüdisajal on puitkonstruktsioonide kujunemist oluliselt mõjutanud liimide kasutusele võtt. Liimimisega saab ehitusmaterjalina toota väga suurte mõõtmete ja ristlõigetega puitelemente. Kuna tavalise saematerjali puhul on piiravaks asjaoluks toormaterjali mõõdud, siis liimpuiduga saab toota erineva kujuga ja suuremõõtmelisi elemente. Liimpuit suudab tänu headele omadustele konkureerida kandevõimelt ning rohkete erisuguste lahenduste poolest ka teiste ehitusmaterjalidega.

Tänapäevase ühiskonna üheks tähtsamaks märksõnaks võib pidada keskkonnasäästlikkust. Sellega seoses luuakse üha enam võimalusi alternatiivsete ja uudsete ehitusmaterjalide kasutusele võtmiseks. Puit on olnud ehituses kasutusel juba väga pikka aega, kuid betooni ja terasega võrreldes kasutatakse seda tänapäeval vähem. See fakt on muutumas tänu tootmistehnoloogia märkimisväärsele arengule, puidu keskkonnasõbralikkusele ning heale kättesaadavusele, mis tagab võimaluse üha keerukamate puithoonete ehituseks.

Tänapäeval kasutatakse puitkonstruktsioone lihtsate abihoonete ehitamisest kuni keerukate ja unikaalsete ehitiste kandekonstruktsioonideni. Eesti üheks suureks eksporditavaks on moodulitest kokku monteeritavad hooned, mille konstruktiivsed osad valmistatakse puidust. Puit tagab hoones märkimisväärselt parema sisekliima kui betoon, samuti on puithoonete puhul ökoloogiline jalajälg palju väiksem ning ehitise püstitamine on ajakulu ja keerukuse poolest mõistlikum.

Kooriku all mõistetakse kõverat pinda ja tasapinnalist koorikut nimetatakse plaadiks (Allikas 1985: 249). Koorikkonstruktsioonelementi, mis on piiratud kahe kõverpinnaga ja nende vahekaugus on võrreldes kooriku teiste mõõtmetega märgatavalt väiksem nimetatakse koorikuks (Tärno 2000: 53). Võrkkoorikut defineeritakse kui

kaksikköverpinda, mis moodustatakse lattide ristatusel üksteisega (Bulenda, Knippers, 2001).

Teema valik toimus koostöös juhendaja lektor Tõnis Teppand'iga. Antud magistritöö teema on autorite poolt valitud ka sellepärast, et aidata kaasa teaduse arengule ehituses just keskkonnasäästlikumate materjalide kasutamisega. Täpsemalt koorikkonstruksioonide ehitus, mille abil on võimalik ehitada arhitektuurselt väga huvitavaid ja ainulaadseid hooneid. Antud teema käsitleb eelkõige puitvõrkkoorikute ehituseks mõeldud uudsete, saledate liimpuitlattide tugevusomaduste uurimist.

Magistritöö eesmärkideks on valmistada ja katsetada erinevatest puiduliikidest kokku liimitud kontsentrilise asetusega puitlamellidest katsekehasid. Antud töö hõlmab kolme eri tüüpi puitlatte:

- a) *Concentrically Composited Laminated Timber* (edaspidi *CCLT*);
- b) *Solid Spruce* (edaspidi *SS*);
- c) *Glulam* (edaspidi *GL*).

Magistritöös on kasutatud seitset erinevat puiduliiki: mänd, kuusk, must lepp, haab, kask, saar ja tamm. Katsekehade (ristlõikega 80x80 mm) valmistamisel on kasutatud nende erinevaid ristlõikeid. Massiivpuidust *SS*-seeria ning traditsiooniliselt liimitud *GL*-seeria katsekehad valmistamise eesmärgiks on võrrelda kontsentrilise asetusega liimpuitlattide tugevus- ja elastsusomadusi. Antud magistritööle eelnes hüpotees, et kontsentrilise asetusega liimpuitlatid on tugevamad massiivpuidust ja puidukiududega paralleelselt üksteise peale asetatud lamellidega liimpuidust, nii paindele kui ka survele.

Käesoleva magistritöö sisu jaguneb kolmeks osaks: kirjanduse analüüs, katsemetoodika ning katsetulemused ja analüüs. Kirjanduse analüüsis antakse ülevaade koorikkonstruksioonidest, liimpuidu tehnoloogiast ja selle kasutamise võimalustest ning lisaks tuuakse näiteid maailmas rajatud puitvõrkkoorikutest. Katsemetoodika osas on selgitatud võrkkooriku visuaalse mudeli koostamist 3D-printimise jaoks, kirjeldatud katsekehade valmistamise protsesse, katsemetoodikat ja elektronmikroskoobiga uurimise meetodit. Tulemuste ja analüüsi peatükis on esitatud katse- ja arvutustulemused ning lisaks ka nende statistiline analüüs.

Autorid tänavad magistritöö juhendajat, Eesti Maaülikooli lektorit, Tõnis Teppand'it, kelle ideel antud magistritöö teema tugineb. Täname Eesti Maaülikooli Metsandus- ja

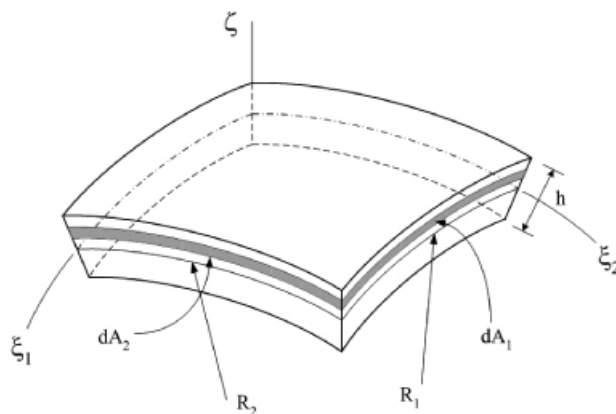
maaehitusinstituuti, kelle katseseadmeid ja laboreid kasutada saime. Täname ka Metsakorralduse ja Metsatööstuse õppetooli dotsenti Regino Kask'e, kelle instrueerimisel saime vajalikud teadmised laboris olevate katseseadmete kasutamiseks ning kes selgitas ka katseseadme *INSTRON* 3369 tööpõhimõtet. Lisaks täname ka Eesti Maaülikooli doktoranti Indrek Virro't, kelle abiga sai teostatud võrkkooriku plastmodeli 3D-printimine.

1. KIRJANDUSE ANALÜÜS

1.1. Ehituskoorikud

1.1.1. Koorik

Koorikuks nimetatakse kõverat pinda või plaati, mis kannab tugelede koormused üle peamiselt nihkejõududega. Kooriku pinna kõverus on muutuv või konstantne ning koorikute liigitamiseks kasutatakse tihti Gaussi kõverust $1/R_1R_2$, kus R_1 ja R_2 on pinna peakõverusraadiused (vt joonis 1.1). (Allikas 1985: 249)



Joonis 1.1. Kooriku element (Lee, Reddy 2004).

Kooriku all peetakse silmas konstruktsioonielementi, mis on piiratud kahe kõverpinnaga. Nende vahekaugus (kooriku paksus) on võrreldes kooriku teiste mõõtmetega väike. (Tärno 2000: 53)

Kooriku keskpinnaks nimetatakse pinda, mis asetseb kooriku sisemuses välispindadest võrdsel kaugusel. Keskpinna kujuga määratakse kooriku kuju. Suletuks nimetatakse koorikut kui tal ei ole muid piirdepindasid kui sise- ja välispind. Lahtise kooriku moodustab suletud koorikust väljalõigatud osa. (Tärno 2000: 53)

Kooriku paksuse ja keskpinna väikseima kõverusraadiuse suhet nimetatakse kooriku suhteliseks paksuseks (Tärno 2000: 53). Pinna kõveruste järgi koorikute klassifitseerimine (Allikas 1985: 249):

- a) plusskõverusega – peakõverusraadiused on samal pool pinda (elliptiline ja sfääriline kuppel);
- b) miinuskõverusega – peakõverusraadiused on pinna kahel küljel (konoid ja hüperboolne paraboloid);
- c) nullkõverusega – sirged on ühes suunas (silinder- ja koonuskoorik).

Kooriku töö seisneb selles, et välisjõud tekitavad konstruktsioonis tunduvalt väiksemaid väände- ja paindemomente ning põikjõude kui plaadis ehk tasapinnalises koorikus. Nende jõudude vähendamisega suurenevad koorikus märgatavalt aga nihke- ja normaaljõud. Paljudel juhtudel võib paindemomendi arvutamisest loobuda, kuna see on koorikus sedavõrd väike. Seepärast kasutatakse kooriku sisejõudude määramisel momendivaba ehk membraaniteooriat, mis annab seda täpsemaid resultaate, mida õhem on koorikkonstruktsiooni suhteline paksus ehk tõusu ja paksuse suhe koorikus. (Allikas 1985: 249)

Kui kooriku suhteline paksus on võrreldes ühega väga väike, siis nimetatakse seda õhukeseks koorikuks. Kui võtta aluseks praktilise arvutuse suhtelise vea piiriks 5%, siis võiks lugeda õhukeseks kõiki koorikuid, mille suhteline paksus on väiksem kui 1/20. (Tärno 2000:53)

1.1.2. Võrkkoorik

Võrkkoorikud kuuluvad kergekaaluliste koorikkonstruktsioonide hulka, mis koosnevad omavahel ühendatud elementidest, millele on omaseks suuresildeliste avade katmine suhteliselt väikese omakaalu juures. Seda saavutatakse peamiselt tänu võrkkooriku kaksikkõverusega pinnale, mis aitab koormust kanda edasi peamiselt normaaljõudude abil. (Bulenda, Knippers, 2001)

Võrkkoorikute püstitamiseks võib kasutada mitmeid erinevaid ehitusmaterjale. Levinumateks neist on teras, alumiinium ning puit, mõningatel juhtudel isegi kartong-torud (*eng. cardboard tubes*). (Douthe *et al.* 2010)

1.1.3. Puitvõrkkoorik

Puitvõrkkooriku tehnoloogia töötati välja professor Frei Otto poolt ning see hõlmas endas identsetest sirgetest lattidest lameda võrgustiku deformeerimist kaksikkõver pinnaks. See sai võimalikuks tänu puidu väikesele väändejäikusele ning liikuvatele sõlmedele, kus pole lati pöördumine takistatud. Lattide deformatsioon on võimalik kahel viisil, kas alustades tasapinnalt ning tõsta konstruktsioon üles või gravitatsiooni abil alla langetades. (Naicu *et al.* 2014)

Suuresildeliste avade katmiseks on puitvõrkkoorikud väga efektiivsed, säilitades unikaalse arhitektuurse ilme kui ka materjali kvaliteedi. Kuna puitvõrkkoorikuid peetakse üheks arenevaks tehnoloogiliseks valdkonnaks on jäänud selliste ehitiste projekteerimine üldiselt eksperimentaalseks tööks. (Naicu 2012)

Puitvõrkkoorikud erinevad võrkkoorikutest materjali kasutuse poolest. Peamised ehituslikud elemendid on pidevad, pikad ning õhukesed, mis ühendatakse omavahel ristumispunktidest mitmes kihis kokku. Soovitud kuju saavutatakse järelvormimise tulemusena, surudes ning tõmmates latte soovitud asendisse. (Naicu 2012)

1.1.4. Võrkkoorikute eelised

Võrkkoorik on efektiivne konstruktiivne lahendus katmaks suuresildelisi avasid. Võrreldes tavaliste paneel- või raamkonstruktsioonidega on võrkkoorikutel eeliseid nii esteetilise kui ka konstruktiivse poole pealt. Võrkkoorikud annavad visuaalselt ilusaid arhitektuurseid vorme, kasutades selleks optimaalselt materjali ning sildeavas puuduvad vahepealsed toestused (nt postid) jättes ruumi ühtlaseks avatuks. (Malek 2012)

1.2. Puitvõrkkoorikute näiteid

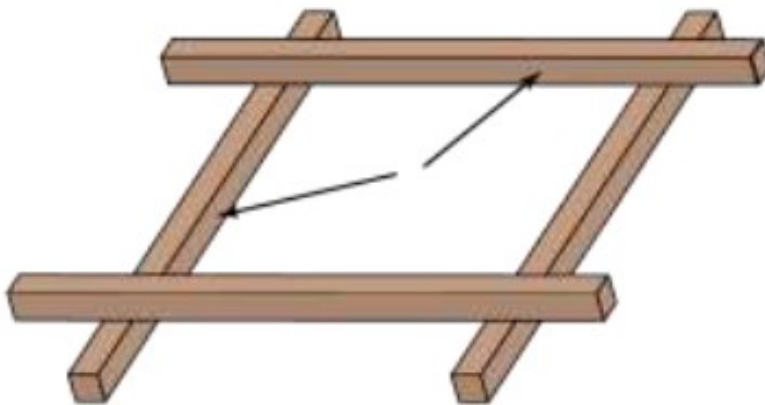
1.2.1. Essen'i puitvõrkkoorik

Esimene puitvõrkkoorik püstitati Saksa ehitusnäituse jaoks aastal 1962 Saksamaal Essen'is (vt joonis 1.2). Kupli super-elliptilise aluse mõõtmeteks oli 15x15 m. Keskpunkti kõrguseks 5 m ja võrgusilma suuruseks 0,48 m. (Naicu 2012)



Joonis 1.2. Essen'i võrkkoorik (Lidell 2015).

Võrgusilm on ruudukujuline, mis koosneb ühekihilisest võrkkooriku elementidest (vt joonis 1.3). Kasutatavaks materjaliks puitvõrkkoorikus oli Oregoni mänd ning 19 m pikkuse kätte saamiseks sõrmjätkati lühemad latid kokku. (Naicu 2012)



Joonis 1.3. Ühekihiline puitvõrkkooriku element (Naicu 2012).

Suurejooneliseks muudab selle fakt, et nii kupli kuju kui ka nõutud pikkused olid määratud kasutades riputatud kettmudelit. Edasine uuring sellist tüüpi ehitise kohta viidi läbi aastal 1962 professor Otto poolt, California Ülikoolis Ameerika Ühendriikides toimunud seminaril. Uuring viis edasi eksperimentaalsetest lattidest kuplite ehituseni, mis valmistati ümaratest terasvarrastest. (Happold, Liddell 1975)

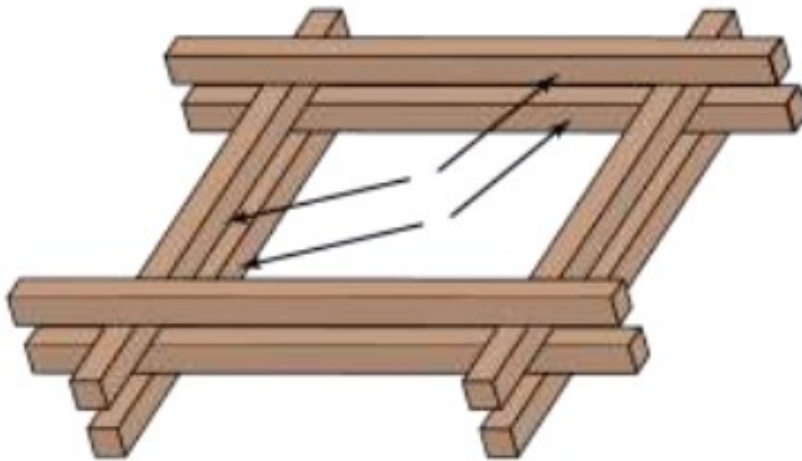
1.2.2. Mannheim Multihalle puitvõrkkoorik

Mannheim'i multifunktsionaalne hoone (vt joonis 1.4) ehitati ajutise ehitisena Mannheim'i Saksa rahvusliku aiandusnäituse toimumiskoha jaoks aastal 1975. Ehitise projekteeriti arhitekt Frei Otto poolt koostöös Carlfried Mutschler'iga. Antud hoone projekteerimise eest sai Frei Otto kõige kõrgema autasu arhitektuuri valdkonnas. (Stadt Mannheim 2018)



Joonis 1.4. Mannheim Multihalle (Stadt Mannheim 2018).

Kogu ehitise mõõtmeteks on 160x115 m, kõrgeim punkt kuplil on 20 m maapinnast, kõige laiema koha sildeava on 60 m ning kõige pikema osa sildeava 85 m (Stadt Mannheim 2018). Kogu hoone kõverpinnaline katusekonstruktsioon on ehitatud 50x50 mm ristlõikega puitlattidest, mis katavad kokku 9000 m² pinda (Liddell, 2015). Puitlattide tüübiks, mille valmistamiseks on kasutatud läänetsuugat (*eng. Hemlock*), on kahekihilised elemendid (vt joonis 1.5) võrgusilmaga 0,50 m (Naicu 2012). Latid, millest puitvõrkkoorik ehitati olid kuni 6 m ning need ühendati tehases 30-40 m pikkusteks kasutades sõrmjätkamist (Liddell 2015).



Joonis 1.5. Kahekihiline puitvõrkkooriku element (Naicu 2012).

Tänapäevani on Multihalle maailma suurimaks omakaalu kandvaks puitvõrkkoorik ehitiseks. Mannheim'i puitvõrkkoorikut peetakse paljude kaasaegsete klaaskuppelkonstruktsioonide eelkäijaks. (Stadt Mannheim 2018)

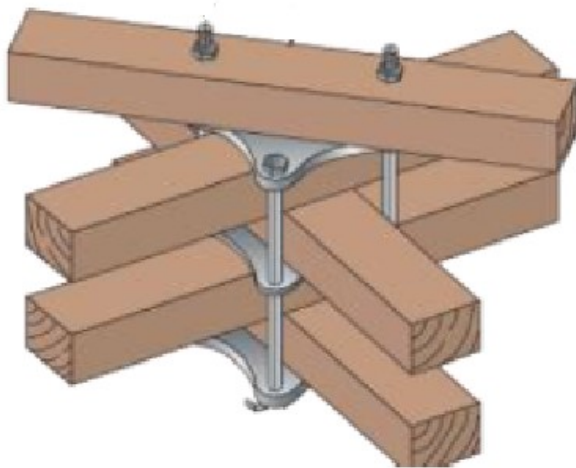
1.2.3. Weald & Downland'i puitvõrkkoorik

Pärast Essen'i ja Mannheim'i projekte liikus puitvõrkkoorikute gravitatsioonikese Ühendkuningriikidesse (Naicu 2012). Weald ja Downland'i puitvõrkkoorik (vt joonist 1.6) ehitati aastal 2002 kõrge niiskussisaldusega tammepuidust lattidest, kasutades nii innovatiivset kui ka traditsioonilist ehitustehnikat (Bruno Happold Engineering 2018). Ühendkuningriikides püstitatud mitmekihilise puitvõrkkooriku arhitektiks oli Edward Cullinan ja insenertehnilise lahenduse autoriks Buro Happold, hoone asub Sussex'is (Harris *et al.* 2003 ref Naicu 2012).



Joonis 1.6. Weald & Downland'i puitvõrkkoorik (Buro Happold Engineering 2018).

Ehitise puhul on kasutatud tammest latte ristlõikega 53x38 mm, võrgusilmaga 1,0x0,5 m ning pikkusega 3 m. Kõik defektid lõigati lattidelt välja ning vajaliku pikkuse saavutamiseks sõrmjätkati latid kokku, moodustades pikad, sirged ning oksavabad detailid. Ristumiskohtade sõlmed ühendati omavahel kolmes kihis ruudukujuliste terasplaatidega, mis olid poltidega nurkadest kinnitatud (vt joonis 1.7). (Liddell 2015)



Joonis 1.7. Weald & Downland'i puitvõrkkooriku lattide sõlmühendus (Harris *et al.* 2003 ref Naicu 2012).

Võrkkoorik on suurepärane näide sellest, mida on võimalik puitvõrkkoorikute puhul tänapäeva moodsate tehnoloogiate juures teha. Hoone vundament on süvistatud mäe

küljele ning selles asub säilitusladu. Töötoad asuvad esimesel korrusel ning on kaetud võrkkoorikust katusega. Katuse kuju moodustab liivakella kujutise. (Toussaint 2007)

1.3. Liimpuit

1.3.1. Ajalugu

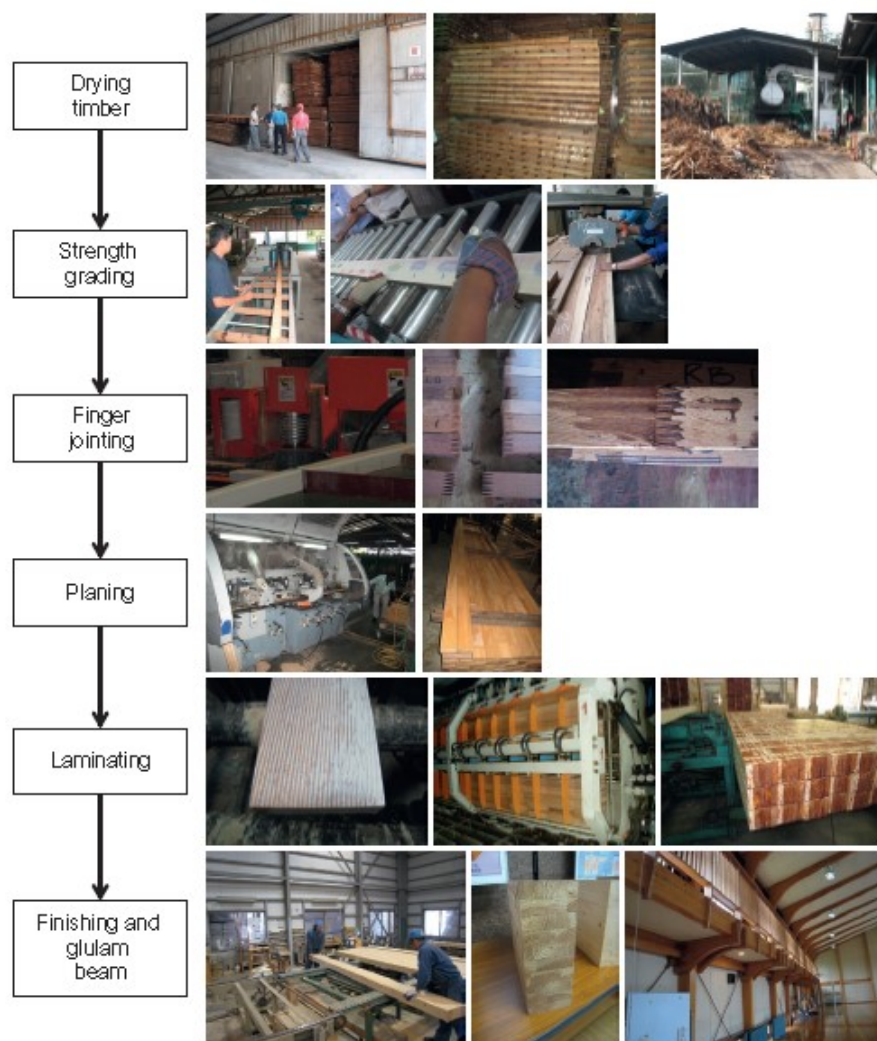
Esimesed raudteesillad Inglismaal ja Šotimaal ehitati esialgsetest liimpuitkaartest, mis olid koormust vastu võtvad osad. Sillad ehitati vastavalt 1835-nda ja 1855-nda aasta vahel ning sildade ulatus oli 18 ning 36 m. Liimpuidu kihid olid omavahel poltide ja tüüblitega ühendatud ning kihtide vahel kasutati looduslikke liime. Puidu tõrvamist ja teisi meetodeid kasutati sildade lagunemise vastu. (Riberholt 2007)

Ehituslik liimpuit on üks vanimaid puittooteid, mis on kokku liimitud (Stark 2010). Esimene teadaolev liimpuidust konstruktsioon oli 1860-ndal aastal kuningas Edward'i nimelise kolledži koosolekusaal Inglismaal, Southamptonis (Lehringer, Gabriel 2014: 405). Esimese patendi aastal 1906 omandas sakslane Otto Hetzer kumerate, liimitud ja lamineeritud taladele, mis koosnesid kahest või enamast lamelist (Ong 2015: 123). Tänapäevaks teada ja tuntud liimpuitmaterjali kasutati esmakordselt 1893-ndal aastal auditooriumi ehitamisel Baselis, Šveitsis (Moody 1997).

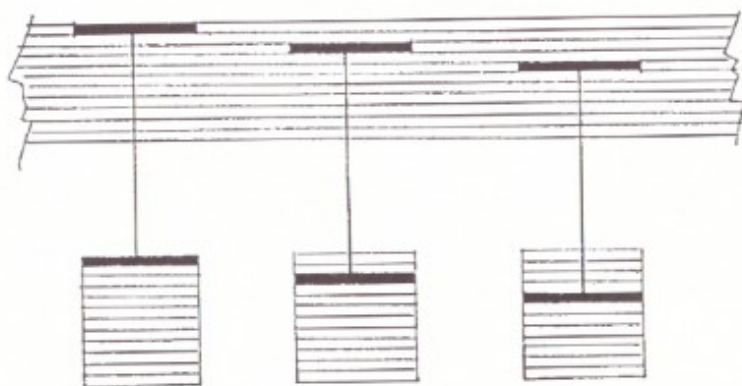
1.3.2. Tootmistehnoloogia

Paralleelselt kiudude suunaga kokku liimitud puitlamellidest elementi nimetatakse liimpuiduks (Porteous, Kermani 2013: 18). Liimpuit on täiendatud vorm massiivpuidust, kus puu kasvuga seotud rikked, mis vähendavad tarindi tugevust, on kõrvaldatud (Herzog *et al.* 2004: 40). Liimpuit on kihiline materjal, mis koosneb vähemalt neljast pikikiudu omavahel kokkuliimitud lamelist, vähem kui neljast lamelist materjali nimetatakse aga liimitud konstruktsioonpuiduks (Saarman, Veibri 2006: 224). Lamellidena kasutatakse materjali, mille paksus on 6 mm kuni 45 mm (EVS-EN 14080:2013). Liimpuitu tehakse tavaliselt (98% juhtudel) kuusest, kuid kasutatakse ka mändi, juhul kui tahetakse puitu immutada (Siikanen 2012: 111).

Liimpuidu tootmistehnoloogia töötati välja 20. sajandi alguses Saksamaal (Saarman, Veibri 2006: 224). Liimpuidu tootmistehnoloogia tööstuslikul teel (vt joonis 1.8) algab tavaliselt saematerjali kuivatamisega kuivatusahjus, kus puidust lauad on paigutatud virnadesse nii, et see võimaldaks ahjus piisava õhuringluse (Ong 2015: 124). Kuivatatud materjal masintugevussorteeritakse ja kõik tugevust vähendavad rikked märgistatakse ja eemaldatakse järkamissaega (Ong 2015: 124). Puidurikked jagatakse lamellide laiali asetsemisega liimpuidust elemendi mitmesse ristlabilõike pinda laiala (vt joonis 1.9) (Saarman, Veibri 2006: 222). Seejärel toimub materjali lõikamine sõrmjätkamislõikuriga ning hiljem toimub hõõveldamine, et sideaine ühtlaselt laiali valguks tasasel pinnal (Ong 2015: 124). Peale seda lamellid lamineeritakse, kasutades kihtide vahel liimi (Ong 2015: 124). Lõpuks puhastatakse liimpuit kuivanud liimijääkidest ja kujundatakse sellest vajaminev ehituskonstruksioon (Ong 2015: 124).



Joonis 1.8. Liimpuidust toodete tüüpilised tootmisetapid (Ong 2015: 125).



Joonis 1.9. Massiivpuidu rikkekoha laiali jaotamine kihtide vahel liimpuidu lamelleerimisel (Saarman, Veibri 2006: 222).

Lamellide liimimisel võib niiskussisaldus puidus olla kuni 15% (Colling 1995: A8/1). Liimimiseks kasutatakse sideainena fenool- ja aminoplastilisi (*MF*, *MUF*, *PRF*, *UF*), niiskuse toimet kõvenevaid ühekomponendilisi polüuretaan (*PUR*) ning emulsioonpolümeerisotsüanaat (*EPI*) liime (EVS-EN 14080:2013). Üldiselt kasutatakse liimimisel lamellide kokkusurumiseks survejõudu $0,4 - 1,2 \text{ N/mm}^2$ (Colling 1995: A8/2).

1.3.3. Eelised

Liimpuidus mõjutavad lamellidena kasutatava puitmaterjali vead konstruktsiooni tugevust vähem kui massiivpuidus, seepärast on liimpuit 20% tugevam kui samade mõõtmetega tavaline saematerjal (Siikanen 2012: 111). Liimpuidust konstruktsioonide eelised (Saarman, Veibri 2006: 224):

- vastupidavus gaaside, õhuniiskuse ja soolade toimele;
- kõrged tugevusväärtused lubavad ehitada suurte sildeavadega materjalisäästlikke puitkonstruktsioone;
- võimalus toota painutatud ehituskonstruktsioone;
- suhteliselt väike mahukaal võimaldab valmistada kergeid ehituskonstruktsioone;
- hea tulepüsivus.

Liimpuit on väga tehniline ehitusmaterjal, arendades paljudes olukordades tavalise puidu kasutusvõimalusi. Peamine põhjus sellele on liimpuidu tootmise terviklik kvaliteedikontroll, mis annab sellele massiivpuidu ees palju eeliseid. (Colling 1995: A8/4)

1.4. Liimpuitkonstruktsioonide näiteid

1.4.1. Liimpuidust tooted

Liimpuittooteid kasutatakse hoonete ja sildade rajamiseks (EVS-EN 14080:2013). Eristatakse kahte erinevat liiki lamell-liimpuitu, milleks on homogeenne lamell-liimpuit, kus ristlõike kihtides kasutatakse samast tugevusklassist puitu ja kombineeritud lamell-liimpuit, kus ristlõige sisaldab välimisi ning sisemisi kihte erinevatest puidu tugevusklassidest (Porteous, Kermani 2013: 18).

Standardi kohaselt kuulub liimpuittoodete koosseisu lamell-liimpuit (EVS-EN 14080:2013). Vajaliku kõrgusega liimpuitkonstruktsiooni saamiseks tuleb puitlamellid omavahel kokku liimida. Liimpuidust tarindite valmistamiseks kasutatakse tavaliselt liimipressi, millest lõigatakse välja vajalike mõõtmetega element (vt joonis 1.10).



Joonis 1.10. Autorite poolt valmistatud liimpuitelement: a – liimpuidu valmistamine liimipressiga; b – liimpuidust tala (G. G. Luhtaru foto 2018).

Liimpuittoodete hulka kuulub ka ristkihtpuit (EVS-EN 14080:2013). Ristkihtpuit kujutab endas plaadilaadset puittoodet, kus iga kihi puitlamellid on asetatud üksteise kõrvale, mis ristuvad (90° pööratud) järgmise kihi lamellidega (Brandner 2014: 3). Lamellide omavaheliseks kokku liimimiseks kasutatakse vaakumpressi, millest hiljem saadakse vajalike mõõtmetega lõpp-produkt (vt joonis 1.11).



Joonis 1.11. Autorite poolt valmistatud liimpuitelement: a – ristkihtpuidust paneeli valmistamine vaakumpressiga; b – ristkihtpuidust post (G. G. Luhtaru foto 2018).

Liimpuidu kasutusala on väga laiahaardeline, sellest valmistatakse erinevate mõõtmete ja geomeetriaga ehituskonstruktsioone. Üldlevinumaks puiduliigiks, mida liimpuidu valmistamisel kasutatakse on okaspuu (eelkõige kuuske ning vahel ka mändi). Sarnaselt massiivpuiduga on ka liimpuidust valmistatud tarindite eeliseks materjali väike omakaal ja hea töödeldavus võrreldes teiste ehitusmaterjalidega (nt betoon- ja terastooted).

Raamkonstruktsiooni elemente (1/2 raamist) on võimalik kasutada kombinatsioonis suuresildeliste võrkkoorikutega. Konstruktsiooni puhul on tegemist uudse ning tervikliku lahendusega, mille abil on võimalik arhitektuurselt huvitavaid ja omapäraseid hooneid püstitada.

1.4.2. USDA Forest Products Laboratory

Hoone ehitamisel kasutati tänapäevaks tuntud liimpuitu ning seda loetakse teiseks ehitiseks maailmas, kus on kasutatud traditsioonilisel tootmistehnoloogial saadavat liimpuitu (Moody 1997). *USDA Forest Products Laboratory* (vt joonis 1.12) ehitati aastal 1934 USA's (Rammar *et al.* 2013).



Joonis 1.12. *USDA FPL* ehitus talvel (Rammar *et al.* 2013).

Hoone demonstreeris kolme erinevat tüüpi liimpuidust kaarte kasutust, pikkuseks oli 48,8 m, laiuks 13,7 m ning kõrguseks 5,7 m. Ehitis koosnes üheksast liimpuidust kaare reast sammuga 4,8 m. (Rammar, Moua 2013)

1.4.3. The University of British Columbia Brock Commons- Tall Wood Building

Hoone ehitamist alustati aastal 2015 ning valmis 2017. Hoone püstitamiseks on kasutatud hübriid konstruktiivset süsteemi, mis hõlmab endas kahte betoonist valmistatud südamikku, mille eesmärgiks on külgjõudude vastuvõtmine ning hoone jäigastamine. Kogu hoone koosneb kaheksateistkümnest korrusest, kus kasutatud on nii ristkihtpuidust paneele kui ka liimpuitposte (vt joonis 1.13). (Poirier *et al.* 2016)



Joonis 1.13. Näidis hoone konstruktsioonist (Poirier *et al.* 2016).

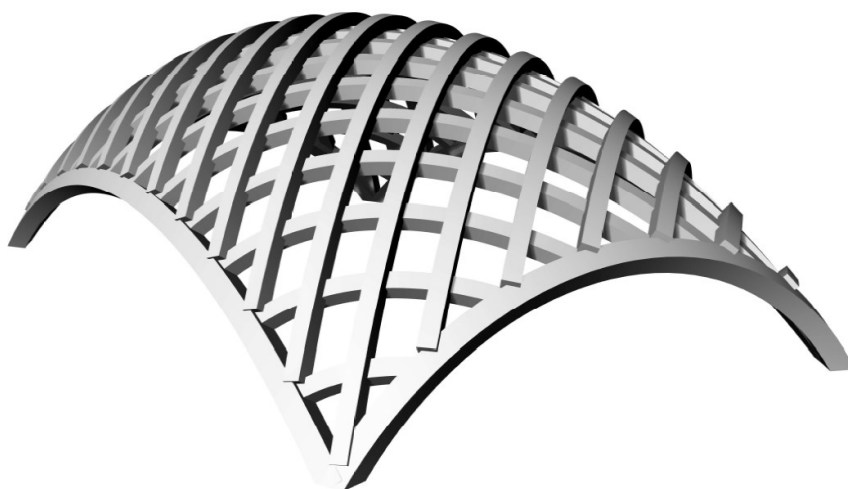
Hoone kuulub maailma kõrgeimate puitehitiste hulka, kõrgusega 53 m. Antud projekti puhul suudeti vähendada atmosfääri sattuva CO₂ hulka 500 tonni võrra, mis oleks olnud samaväärse hoone püstitamisel kasutades puitmaterjali asemel betooni. (Poirier *et al.* 2016)

2. KATSEMETOODIKA

2.1. Võrkkooriku mudeli visualiseerimine

Võrkkooriku visualiseerimiseks on kasutatud 3D-arvutitarkvara *Rhinoceros*[®] 5, kus mudeli koostamisel on lähtutud tarkvara kasutusjuhendist (*Rhinoceros* 2015). Antud tarkvara on magistritöös kasutatud, kuna see võimaldab lihtsasti moodustada erinevaid kahe kõverusraadiusega tasapindasid, millel koorikkonstruktsioonid põhinevad.

Mudeli koostamisel (vt joonis 2.1) lähtuti 3D printeri maksimaalsetest mõõtudest (180x180 mm) ning vastavalt sellele leiti võrkkoorikule kõige sobilikumad proportsioonid lattide ristlõigetele, milleks oli 3x3 mm. Võrkkooriku maksimaalseks pikkuseks võeti 176,50 mm, laiuks 107,89 mm ning kõrguseks 59,70 mm.

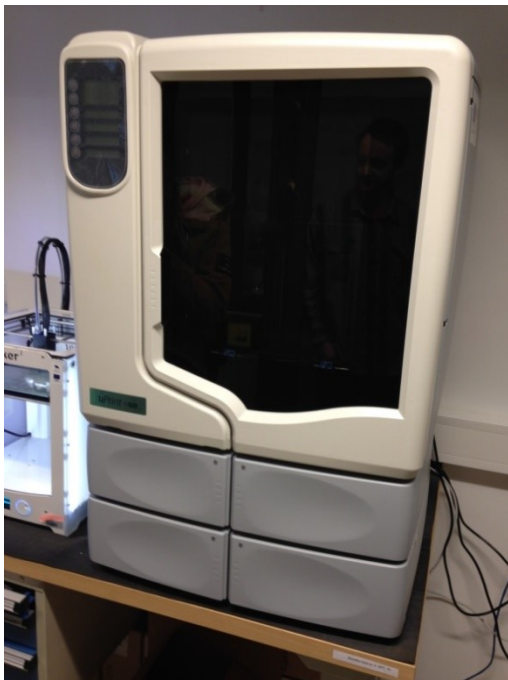


Joonis 2.1. 3D-mudel võrkkoorikust (K. Peedosaar'e mudel 2018).

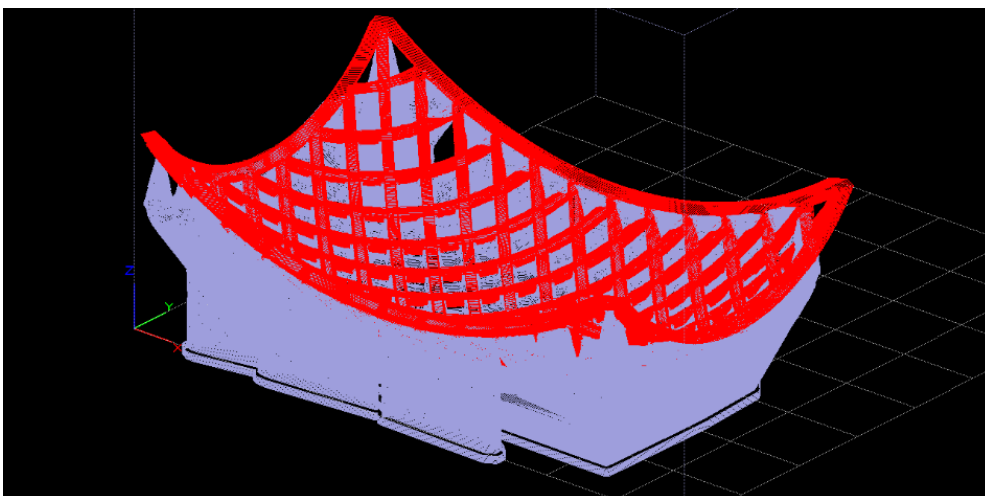
Võrkkooriku mudel on koostatud kahes kihis paiknevate lattidega, mis järgivad kooriku tasapinna kõverust. Latte, millest koorik koosneb on üksteise suhtes nihutatud ning ristumispunktides on need omavahel ühendatud märketapi (*eng. lap joint*) abil.

2.1.1. 3D-printimine

Mudel-võrkkoorik on välja printitud 3D-printeriga *Stratasys uPrint SE Plus* (vt joonis 2.2). Printimine toimus Eesti Maaülikooli Tehnikainstituudi laboris. Printer kasutab *CatalystEX* tarkvara (vt joonis 2.3), mille abil leitakse printimiseks kõige optimaalsem asend printitavale kehale, et tugimaterjali kulu oleks võimalikult väike ning kontrollitakse 3D-mudeli koostamisel tekkinud võimalikke vigu.

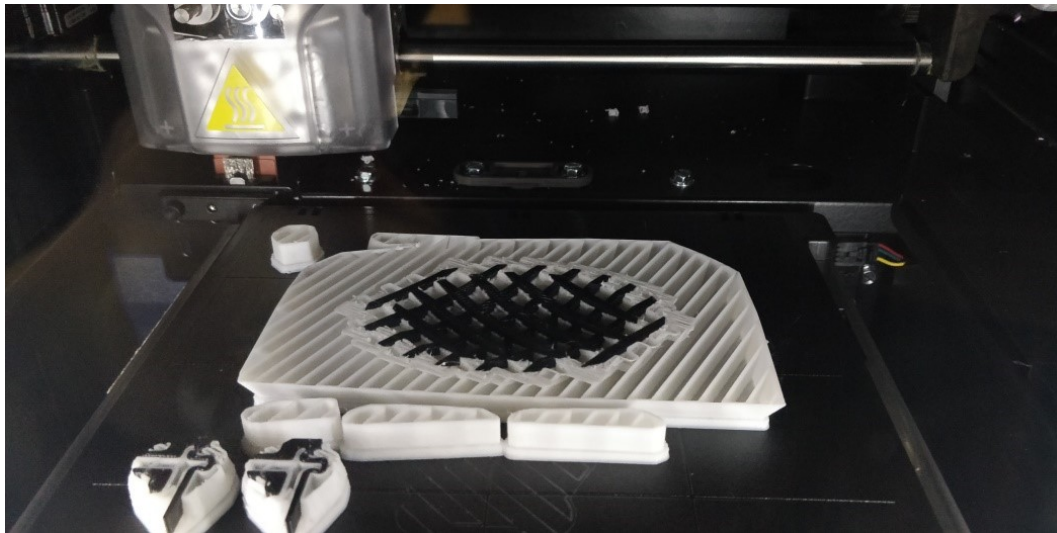


Joonis 2.2. 3D-printer *Stratasys uPrint SE Plus* (G. G. Luhtaru foto 2018).



Joonis 2.3. 3D-mudel võrkkooriku printimiseks *CatalystEX* tarkvaraga (G. G. Luhtaru 2018).

Esimeseks etapiks 3D-printimisel kasutati väljapestavat toematerjali SR-20, mis pärast printimise lõpetamist eemaldatakse kasutades *Water Works WaveWash* tugimaterjali eemaldamise mahutit. 3D-printimiseks on kasutatud ABS (eng. *Acrylonitrile Butadiene Stryrene*) termoplastilist polümeeri (vt joonis 2.4). Printimise kestvuseks oli ca 18 h ning tugimaterjali eemaldamiseks kulus ca 5 h.



Joonis 2.4. Võrkkooriku 3D-printimine (E. Eltermaa foto 2018).

Antud 3D-mudeli vajadus põhines võrkkooriku konstruktiivse lahenduse paremaks visuaalseks mõistmiseks. Prinditud mudeli põhjal on võimalik hinnata ka antud konstruktsiooni käitumist koormustele, selleks et antud konstruktsiooni oleks võimalik projekteerida ka reaalsete ehituslike mõõtmete puhul (saada lähteandmeid lõplike elementide meetodi rakendamiseks).

2.2. Liimpuitlattide valmistamise eesmärk

Antud magistritöös kavandatud liimpuitlattide katsetamise eesmärgiks on jätkata varasemalt koostatud uurimust (vt tabel 2.1), mille autoriks on Peep Nurme. Mõlemad magistritööd hõlmavad endas kontsentrilise asetusega erinevatest puiduliikidest lamellidest koosnevaid liimpuitlatte. Varasemad uuringud kontsentrilise asetusega liimpuitlattidest (Nurme 2017):

- a) märketapi katsed;
- b) lattide omavahelise pikiühenduse katsed;

- c) survekatsed pikikiudu nihutatud lamellidega katsekehadele;
- d) katsekehade uurimine elektronmikroskoobiga.

Käesolev magistritöö ei käsitle märketapi ning lattide omavahelise ühenduse katseid. Kuna Peep Nurme magistritööst järelalus, et lattide omavahelise ühenduse pikkus oli ebapiisav, siis on käesoleva magistritöö raames projekteeritud uus rakis katsekehade valmistamiseks, mis tagaks lattide omavaheliseks tappühenduse pikkuseks 1050 mm. Lattide omavahelise ühenduse loomiseks nihutatakse liimimise ajal lamelle üksteise suhtes templi ja matriitsi abil, moodustades lati ühte otsa tapipesa ning teise tapikeele, mille abil on võimalik latte omavahel pikisuunas kokku liita (Nurme 2017).

Tabel 2.1. Nihutamata lamellidega liimpuitlattide katsete võrdlus kahe magistritöö vahel

Katsekeha nimetus	Ristlõike kombinatsioon (loetuna seest välja)				Paindekatsed		Survekatsed	
					<i>Diamond shape</i>	<i>Rectangular shape</i>		
<i>SS 01</i>	kuuse täispuut				+	+	+	+
<i>CCLT 02</i>	tamm	haab	kask	tamm	+	+	+	
<i>CCLT 03</i>	saar	haab	kask	saar	+	+	+	
<i>CCLT 04</i>	kask	haab	must lepp	kask	+	+	+	
<i>CCLT 05</i>	saar	must lepp	kask	saar	+		+	
<i>CCLT 06</i>	kask	haab	kuusk	kask	+		+	
<i>CCLT 07</i>	kuusk	kuusk	kuusk	kuusk	+		+	
<i>CCLT 08</i>	mänd	haab	must lepp	mänd	+		+	
<i>CCLT 09</i>	haab	haab	haab	haab	+		+	

Märkused:

1. Rohelisega märgitud Genno Geven Luhtaru ja Kristo Peedosaar'e katsed.
2. Sinisega märgitud Peep Nurme poolt läbiviidud katsed.

Võrdluse tagamiseks koostati liimpuitlatid sama ristlõike mõõtmetega, milleks oli 80x80 mm. Samuti on katsekehade liimimisel kasutatud Eskaro B3 niiskuskindlat puiduliimi nagu varasema uuringu puhul.

2.3. Katsekehade ettevalmistustööd

2.3.1. Toormaterjal katsekehade valmistamiseks

Liimpuitlattice valmistamisel erinevate ristlõikekombinatsioonide jaoks kasutatakse kokku seitset erinevat puiduliiki, mille seas on nii leht- kui ka okaspuitu. Puiduliikidena kasutakse kuuske, mändi, kaske, haaba, tamme, saart ja musta leppa. Lattice koostamiseks vajalike lamellide valmistamiseks kasutatakse 80–90 % ulatuses servamata saematerjali (vt joonis 2.5).



Joonis 2.5. Katsekehade toormaterjal erinevatest puiduliikidest (K. Peedosaar'e foto 2017).

Materjal kombineeritud ristlõikega liimpuitlattice tegemiseks on ostetud kohalike saematerjali tootvate ettevõtete käest (ArtDoors OÜ, AS Rait). Ostetud saematerjali mõõdud varieerusid olenevalt puuliigist. Lehtpuidu pikkuseks oli ca 3050 mm, kõrguseks 24...78, laiuks 70...340 mm ja okaspuidul oli pikkuseks 6000 mm ja ristlõike mõõtmeteks 50x150 mm.

2.3.2. Kasutatud seadmed katsekehade töötlemiseks

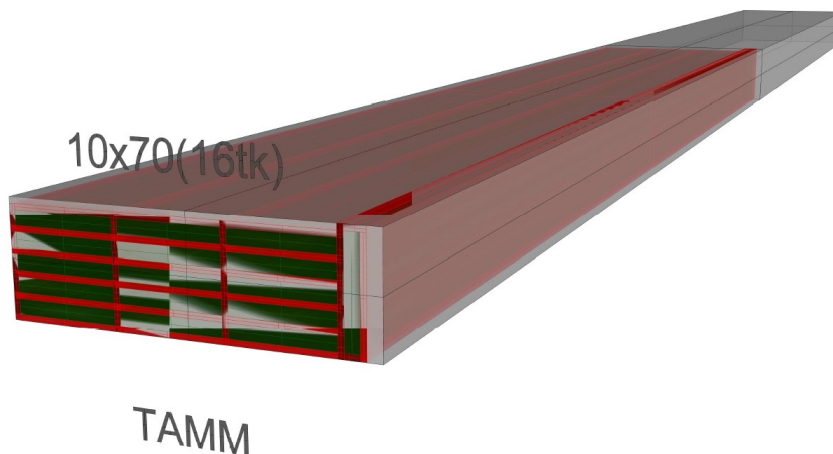
Saematerjal katsekehade valmistamiseks tuli eelnevalt suures mahus töödelda, et edasi teha vajaliku ristlõike ja pikkusega puitlamelle. Materjali töötlemiseks kasutati järgmiseid puidutöötlemisseadmeid:

- a) Formaatsaag *CRIGGIO* SC 32;
- b) Rihthöövelmasin *GRIGGIO* PF 530R;
- c) Paksushöövelmasin *GRIGGIO* PSA 630.

Kõik puidutöötlemisega seotud seadmed asuvad Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi Metsakorralduse- ja metsatööstuse õppetooli puidutöökojas. Formaatsaaga toimusid kõik järkamised puitmaterjali suhtes ristikiudu ja puitlamellide lõikamised pikikiudu, kasutades selleks paralleeljoonlauda. Rihthöövelmasinaga hõoveldati tooriku kaks külge 90° nurga alla ja paksushöövelmasinaga saadi lamellide lõplikud paksused enne liimimist.

2.3.3. Materjalide töötlemine

Vajalike mõõtmetega lamellide saamiseks optimeeriti saekava, et materjali kasutada võimalikult ökonoomselt ning saada võimalikult palju puitlamelle, mistõttu pole arvestatud lamellide lahti saagimisel puidu radiaal- ja tangentsiaal suunaga. Selle koostamiseks mõõdeti üle kogu ostetud saematerjal ja sellest lähtuvalt koostati 3D-saekava arvutiprogrammis *Rhinoceros* 5 (vt joonis 2.6). Saekava koostati pärast töötlemata plangu servamist, vastavalt jääkristlõikele.



Joonis 2.6. 3D-saekava servatud tammelauast (K. Peedosaar'e poolt koostatud saekava).

Seejärel toimus materjali järkamine pikkusesse formaatsaega (vt joonis 2.7). Ca 3050 mm pikkused plangud saeti keskelt pooleks, saades kaks ca 1525 mm pikkust tükki, kuna puitlamellidest lattide valmistamiseks oli vaja hiljem saada 1500 mm pikkuseid lamelle, lähtudes paindekaitse tegemise standardist.



Joonis 2.7. Materjali järkamine formaatsaega (G. G. Luhtaru foto 2018).

Järgmiseks sammuks oli saematerjali hõõveldamine rihthõõvelmasinaga (vt joonis 2.8), mille eesmärgiks oli saada kaks 90° nurga all tasapinnalist külge. Esiteks hõõveldati materjali ühe külje tasapinnaline baaspind ning seejärel hõõveldati eelmisega risti olev teine külg. Hõõveldamisel tuli silmas pidada ja hinnata puidukiudude suunda kvaliteetsema

töötuse tagamiseks. Oluline oli valida hõõveldamiseks õige külg, et puitmaterjali kumerus oleks üleval pool, vähendades sellega materjali kulu.



Joonis 2.8. Materjali hõõveldamine rihthõõvelmasinaga (K. Peedosaar'e foto 2018).

Järgnevalt töödeldi materjal paksushõõvelmasinaga (vt joonis 2.9). Vajaminevad lamellide laiused liimpuitlattide tegemiseks olid 20; 30; 50 ja 70 mm. Selleks hõõveldati materjal, kasutades paksushõõvelmasinat ning tulemusena saadi vajaliku laiusega puidust toorik, millest järgmisena hakati välja lõikama lamelle. Nihiku abil kontrolliti läbi paksushõõvelmasina tulnud materjal ning saadi teada, et seadmele määratud vastav mõõt erines 0,2 mm võrra. Sellega arvestati edaspidi ning näiteks 10 mm paksuse lamelli saamiseks määrati paksushõõvelmasinale mõõduks 9,8 mm.



Joonis 2.9. Materjali hõõveldamine paksushõõvelmasinaga (G. G. Luhtaru foto 2018).

Edasi lõigati formaatsaega toorikust välja õige laiusega lamellid (vt joonis 2.10). Vajaminevateks paksusteks olid lati südamikul 20 mm ja teiste lamellide puhul 10 mm.



Joonis 2.10. Lamellide lõikamine toorikust formaatsaega (G. G. Luhtaru foto 2018).

Saagimisel määrati joonlaua ja saeketta vaheliseks distantiks 22 mm ja 12 mm, sest puit sisaldab endas sisepingeid, mis saagimisel vabanevad. Kuna tegemist on kõva lehtpuiduga ning saeti pikikiudu, siis jäeti iga lamellil varu 2 mm, et hiljem saada vajaminev paksus. Vahetult enne liimimist hõõveldati lamellid, kasutades paksushõõvelmasinat, õigesse mõõtu (liimpuitlati südamik 20x20 mm ja teised lamellid paksusega 10 mm).

2.4. Katsekehade valmistamine

2.4.1. Rakised puitlamellide liimimiseks

Antud magistritöö hõlmab endas erinevatest puiduliikidest kombineeritud ristlõikega liimpuitlattide katsetamist. Seoses eeltooduga on liimimisprotsess keerukam kui tavalise asetusega liimpuidu valmistamine, mis koosneb ühesugustest üksteise peale asetatud lamellidest. Antud katsekehad koosnevad 13-st puitlamellist, kus kõigi pindade vahel on liimikiht pärast lattide koostamist, seetõttu oli oluline, et tagataks kõikide külgede

survestamine võrdselt. Kasutatud terasrakis on projekteeritud ning tellitud ettevõtte Architrav OÜ poolt, mille eesmärgiks oli tagada kõikide lamellide vahelistes liimvuukides sama surve. Terasrakised (vt joonis 2.11) koosnevad kahest suuremast detailist, ülemisest ning alumisest osast, mille pikkused on 2200 mm. Rakise alumine osa koosneb võrdkülgsest nurkterasest mõõtmetega 120x10 mm (EVS EN 10079:2008) ning selle välisküljele keevitatud terastoed, mille abil toetatakse nurkterast diagonaalselt, lisades profiilile jäikust. Teraslehed (paksusega 6 mm) on kinnitatud nurkterase sisekülgedele peitpeapoltidega (M6), mis on mõeldud tagamaks nurkterase sisekülje 90° nurga, kaotades nurkterase sisekülgede vahelise raadiuse. Rakise ülemine osa koosneb samuti võrdkülgsest nurkterasest mõõtmetega 80x8 mm (EVS EN 10079:2008). Nurkterase välimisel küljel asuvad selle külge keevitatud terastoed, mis on mõeldud diagonaalse koormuse rakendamiseks, kasutades hüdraulilist pressi. Rakise ülemise osa nurkterase sisekülgedele on kinnitatud teraslehed (paksusega 6 mm), kasutades peitpeapolte (M6), mille abil kaotati nurkterase sisekülgedevaheline raadius.

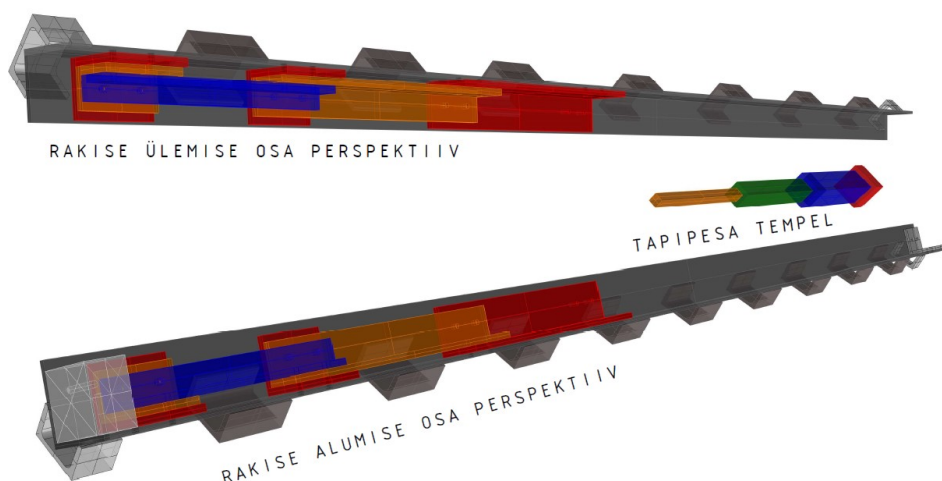


Joonis 2.11. Katsekehade valmistamise rakis (K. Peedosaar'e foto 2018).

Koormuse ühtlaseks jaotamiseks kogu katsekeha ulatuses asetati rakise peale I-tala. Selle abil võimaldati hüdrauliliselt pressi koondatud koormusest saada jaotatud koormus.

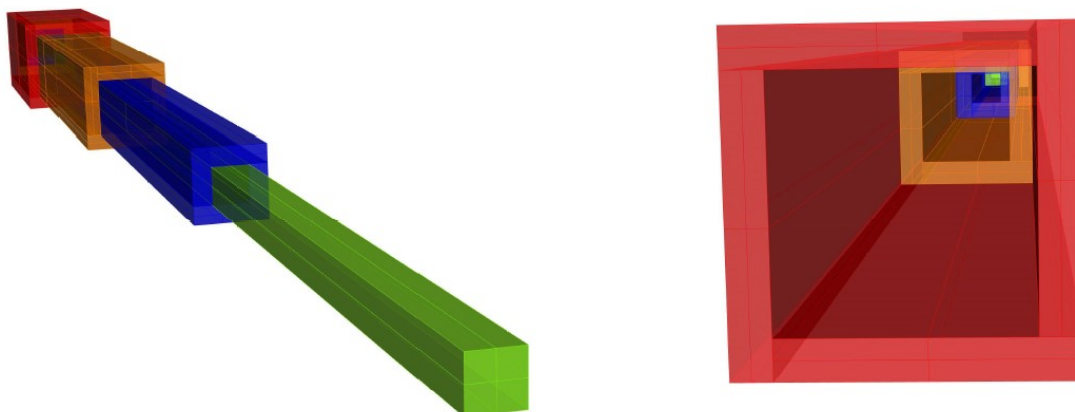
2.4.2. Rakise digitaalne 3D-mudel nihutatud lamellidega katsekehade valmistamiseks

Antud magistritöö raames töötati välja uuenduslik rakis nihutatud lamellidega katsekehade valmistamiseks jaoks, mille tööpõhimõte sarnaneb *CCLT* katsekehade valmistamiseks mõeldud rakisega (vt joonis 2.12), mille abil on võimalik koormust jaotada võrdselt kõigi nelja katsekeha külje vahel.



Joonis 2.12. Rakis koos tapipesa templiga (K. Peedosaar'e joonis 2018).

Rakis koosneb ülemisest ning alumisest osast, mille omavahelise ühendamise tulemusena tekib rakise ühte otsa matriits ning tapipesa templi abil nihutatakse lamellid astmeliselt matriitsi sisse. Selle abil moodustatakse katsekehale tappühendus (vt joonis 2.13).



Joonis 2.13. Tapikeel ja tapipesa (K. Peedosaar'e joonis 2018).

Tapi templi ristlõigetele on antud gabariitmõõdud +0,2 mm suuremad võrreldes matriitsi poolega. See võimaldab hiljem tapikeele paremini tapipesasse paigutada.

2.4.3. CCLT-seeria katsekehade liimimine

Antud seeria (CCLT) katsekehade testimise eesmärgiks oli teada saada, millise ristlõike kombinatsiooniga liimpuidust lattidel on kõige paremad jäikus- ja tugevusomadused. CCLT-seeria katsekehade liimimisel ei nihutatud lamelle üksteise suhtes. Antud seeria puhul valmistati 8 erineva ristlõikekombinatsiooniga katsekeha gabariitmõõtudega 80x80x1500 mm. Iga kombinatsiooni puhul viis katsekeha. Kokku on valmistatud 40 katsekeha. Tabelis 2.2 on välja toodud katsekehade valmistamisel kasutatavad katsekehade nimetused, kogused ning lamellide puiduliigid.

Tabel 2.2. CCLT-seeria katsekehad

Katsekeha nimetus	Kogus (tk)	Ristlõike kombinatsioon (lamellide kihid seest välja)
CCLT 02	5	tamm, haab, kask, tamm
CCLT 03	5	saar, haab, kask, saar
CCLT 04	5	kask, haab, must lepp, kask
CCLT 05	5	saar, must lepp, kask, saar
CCLT 06	5	kask, haab, kuusk, kask
CCLT 07	5	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk
CCLT 08	5	mänd, haab, must lepp, mänd
CCLT 09	5	haab, haab, haab, haab
KOKKU:	40	

Kõik liimpuidust lattide lamellide kokku liimimised toimusid Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi ehituskonstruksioonide laboris (Kreutzwaldi 56/4, Tartu). Liimimisel ajal oli laboris suhteline õhuniiskus vahemikus 19...37% ja õhutemperatuur 16...19°C. Lamellide liimimiseks kasutati Eskaro B3 niiskuskindlat puiduliimi (liimi kirjeldus ja tehnilised andmed on lisa 1), mis sobib kõigist puidust pindade liimimiseks, niisketes ja kuivades ruumides. Liimimisel kanti puidust lamellide pinnale liimi 100 mm ja 70 mm laiuse pintsli abil ja liimikihi ühtlasemaks jaotamiseks kasutati liimikammi laiusega 25 cm / A1. Kõikide lamellide keskmine niiskussisaldused jäid vahemikku 6,4...13,6 %, täpsemad andmed niiskussisalduse kohta on välja toodud painde- ja survekatse protokollides (lisa 3 ja lisa 4).

Katsekehade liimimisel kasutatud seadmed ja tarvikud:

- a) Trosstelfriga sildkraana Konecranes, kandevõimega 4,99 t;
- b) Hüdrauliline press Lukas LZM 25/200, maksimaalse survega 250 kN;
- c) Andmesalvestusseade Ahlborn ALMEMO® 5690–2;
- d) Terasrakis;
- e) Eskaro B3 niiskuskindel puiduliim;
- f) Pintslid, laiusega 70 ja 100 mm;
- g) Ehituspaber, laiusega 120 cm;
- h) Liimikamm laiusega 25 cm / A1 hambasügavusega 1 mm.

Katsekehade liimimisprotsessi alustamiseks ehituskonstruksioonide laboris tuli esmalt paika seada sildkraanaga õige kõrguse peale terasprofiil (I-tala), kuhu saab kinnitada hüdraulilise pressi. Lamellide kokku pressimiseks kasutati pressi, mis tekitab maksimaalset koormust 250 kN ja silindrikäiguks 200 mm. Hüdraulilise pressi poolt tekitatud survenäit registreeriti andmehõive seadmega, mille täpsus on 0,1 bar'i.

Enne liimimist rühmitati kõik katsekehade puitlamellid gruppidesse, et iga seeria lamellid oleksid eraldi komplektides. Enne liimimise algust laotati ühe katsekeha lamellid üksteise kõrvale ehituspaberiga kaetud põrandale maha ning seejärel ilma liimimata kindlas järjekorras terasrakisesse, et kontrollida lamellide omavahelist kokkusobivust. Peale kokkusobivuse kontrolli, laotati lamellid tagasi põrandala ning ühe katsekeha lamellide ühele küljele kanti peale pintslitega puiduliim. Pärast lamellide liimimist asetati need kindlas järjekorras alumisse terasrakisesse (vt joonis 2.14), millele eelnevalt sai alla asetatud ehituspaberi riba, et lamellid ei liimuks rakise külge.



Joonis 2.14. Liimitud puitlamellide asetamine terasrakisesse (G. G. Luhtaru foto 2018).

Peale lamellide asetamist rakisesse kaeti ka katsekeha ülemine pind ehituspaberiga ning siis asetati katsekeha peale terasrakise ülemine osa, mis aitab kanda üle hüdrauliliselt pressilt saadud survet liimitavale katsekehale. Terasrakisele asetati peale IPE 140 I-tala (EVS-EN 10079:2008), mis aitab jaotada pressilt saadud punktkoormuse jaotatud koormuseks (vt joonis 2.15). Pärast seda rakendatakse hüdrauliliselt pressilt terasprofiilile saadud koormus 210...220 bar'i. Katsekeha pinda arvesse võttes rakendatakse jaotatud koormust katsekehade valmistamisele 0,70...0,73 N/mm².



Joonis 2.15. Katsekeha koormamine (K. Peedosaar'e foto 2018).

Katsekehade liimimise protokoll (vt lisa 2) märgiti ära katsekehade nimetused ja tegemise kuupäevad. Lisaks sellele märgiti protokollis liimimise alguse kellaaeg ja kohe pärast

liimimise lõpetamist lõpu kellaaeg. Veel märgiti liimimise protokollis koormuse rakendamise alguse ja koormamise lõpu kellaaeg ning algselt rakendatud koormus. Pärast kolmekümne minutit koormamist fikseeriti protokollis ka surve lõppnäit. Lisaks märgitakse protokollis vajadusel ka katsekehade koostaja märkused ja tähelepanekud. Iga katsekeha koormamise aeg oli kolmkümmend minutit, peale seda vabastati katsekeha surve alt. Joonisel 2.16 on välja toodud katsekeha pildid pärast liimimist.



Joonis 2.16. CCLT 09 kombinatsiooni kolm katsekeha peale liimimist (K. Peedosaar'e foto 2018).

Peale surve alt vabastamist asetati katsekehad horisontaalsele alusele vähemalt kahekümne neljaks tunniks kuivama. Igale latile, mis oli kaetud ehituspaberiga kirjutati algul peale katsekeha nimetus. Pärast lati nõuete kohast kuivamist eemaldati ehituspaber ning katsekehad märgistati nimetusega.

2.4.4. GL- seeria katsekehade liimimine

GL-seeria katsekehade liimimise eesmärgiks oli võrrelda tavalise liimpuidust lattide tugevus- ja jäikusomadusi kontsentrilise asetusega lattidega. Antud seeria puhul valmistati kahe erineva lamelli paksusega katsekeha. GL-seeria jaoks valmistati kokku 8 katsekeha. Tabelis 2.3 on välja toodud vastavate katsekehade (GL-seeria) valmistamisel kasutatud puuliik, katsekehade nimetused, kogused lamelli paksused ja lamelli kihtide arv ühes katsekehas.

Tabel 2.3. *GL*-seeria katsekehad

Katsekeha nimetus	Kogus (tk)	Ristlõike kombinatsioon	Lamelli paksus (mm)	Kihtide arv
<i>GL</i> 01	4	kuusk	20	4
<i>GL</i> 02	4	kuusk	10	8
KOKKU:	8			

Sarnaselt *CCLT*-seeria katsekehade valmistamisele, toimusid kõik liimpuidust lattide lamellide liimimised Eesti Maaülikooli Metsanduse- ja maaehituse osakonna ehituskonstruksioonide laboris (Kreutzwaldi 56/4, Tartu). Kõikide liimimiste ajal oli laboris suhteline õhuniiskus vahemikus 19...37% ja õhutemperatuur 16...19°C. Lamellide liimimiseks kasutati Eskaro B3 niiskuskindlat puiduliimi (liimi kirjeldus ja tehnilised andmed on lisa 1). Liimimisel kanti puidust lamellide pinnale liimi 100 mm ja 70 mm laiuse pintsliga ja liimikihi ühtlasemaks jaotamiseks kasutati liimikammi laiusega 25 cm / A1. Kõikide kuusest lamellide keskmised niiskussisaldused jäid vahemikku 9,6...14,7 %, täpsemad andmed niiskussisalduste kohta on välja toodud painde- ja survekatse protokollides (lisa 3 ja lisa 4).

Katsekehade liimimise protokoll (vt lisa 2) märgiti ära katsekehade nimetused ja tegemise kuupäevad. Lisaks sellele märgiti protokoll liimimise alguse kellaaeg ja kohe pärast liimimise lõpetamist lõpu kellaaeg. Veel märgiti liimimise protokoll koormuse rakendamise alguse ja koormamise lõpu kellaaeg ning algselt rakendatud koormus. Pärast kolmekümne minutist koormamist fikseeriti protokoll ka surve lõppnäit. Lisaks märgitakse protokoll vajadusel ka katsekehade koostaja märkused ja tähelepanekud. Iga katsekeha koormamise aeg oli kolmkümmend minutit, peale seda vabastati katsekeha surve alt ning asetati horisontaalsele alusele vähemalt kahekümne neljaks tunniks kuivama.

GL-seeria katsekehade liimimisel kasutatakse vertikaalse jaotatud koormuse saamiseks I-tala. Labori sildkraanaga pandi paika vajalik terasprofiil, mille külge kinnitada surve tekitamiseks hüdrauliline press Lukas LZM 25/200. Pressi poolt tekitatud survejõu näit registreeriti andmesalvestusseadmega ALMEMO 5690–2.

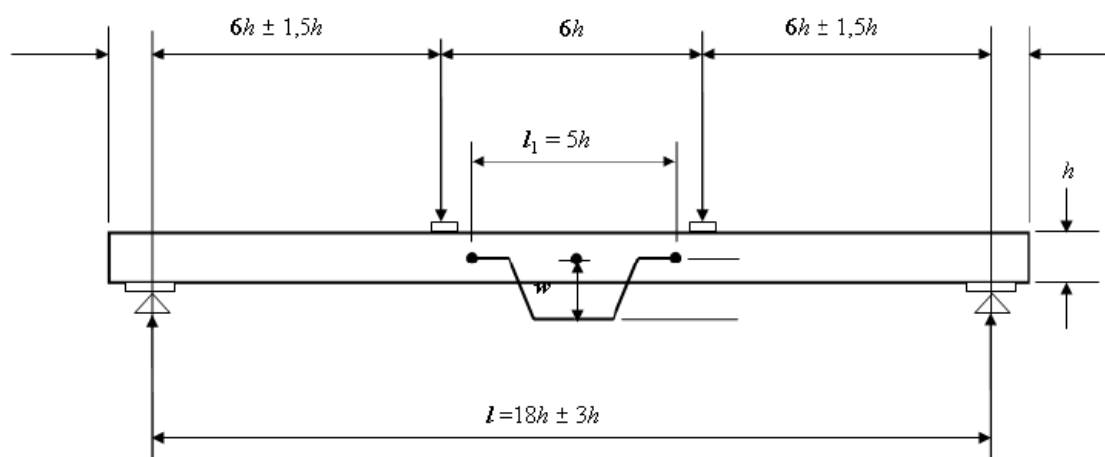
2.5. Katsemetoodika

2.5.1. Paindekatse

Kõikide paindekatsete puhul on lähtutud vastavalt standardile EVS-EN 408: 2010+A1: 2012. “Ehituspuit ja liimpuit. Mõnede füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste määramine.” Paindekatsete puhul määrati katsekehade tugevusparameetrid purustava meetodi abil.

Paindekatsete jaoks valmistatud katsekehad mõõdeti täpsusega 1% ning kõik mõõtmised on teostatud katsekeha otsast mitte lähemalt kui 150 mm. Katsekehade mõõtmiseks kasutati digitaalset nihikkaliibrit INSIZE IP67 mõõtetäpsusega 0,01 mm (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Katsekehade niiskussisalduse määramiseks kasutati Brookhuis FME elektrood varrastega niiskusemõõtjat puidu ja ehitusmaterjalide mõõtmiseks mõõtetäpsusega 0,1%. Kõikide kombineeritud ristlõikega (*CCLT*) katsekehade niiskust mõõdeti iga lamelli puhul eraldi. Massiivpuidust (*SS*) katsekehade puhul mõõdeti niiskussisaldust kolmest punktist. Liimpuitkatsekehade (*GL*) puhul mõõdeti niiskussisaldust iga lamelli puhul kolmest punktist. Katsekehade kaalumist teostati Kern FKB 36K0,1 kaaluga mõõtetäpsusega 0,01 kg. Täpsustavad andmed katsete kohta on esitatud protokollis (vt lisa 3).

Katsekehade toormaterjali pikkusest tingituna ja paindekatseseadme tehnilistest võimalustest (maksimaalne sildeava 1200 mm) on katsekehade pikkuseid vähendatud 18-kordse ristlõike pikkuseks (standardi järgne soovituslik miinimum 19-kordne ristlõike kõrgus, juhul kui see pole võimalik, tuleb tala tegelik ava esitada protokollis). Katsekehade täpsustavad andmed on esitatud lisa 3. Katsekehade koormamine toimus nelja punkti paindekatsena (vt joonis 2.17). Katsekehasid ei ole toetatud kiive takistamiseks. (EVS-EN 408:2010+A1:2012)



Joonis 2.17. Katseskeem lokaalse paindeelastsusmooduli määramisel (EVS-EN 408:2010+A1:2012).

Liimpuitlatte (CCLT, SS, GL) koormatakse kas 90° (*rectangular shape*) või 45° nurga all (*diamond shape*; vt tabel 2.4), mis tuleneb puitvõrkkoorikutes tekkivatest sisejõududest (paine samaaegselt kahe telje (x, y) sihis ja vääne). 45° nurga all katsekehade toestamiseks on projekteeritud Architrav OÜ poolt terasrakised, mis koosnevad võrdkülgsest nurkterasest mõõtmetega 70x8 mm (EVS-EN 10079:2008) pikkusega 40 mm (EVS-EN 408:2010+A1:2012: pool katsekeha ristlõike kõrgusest). Paralleelseks toetuseks on nurkterase välimisele küljele keevitatud terastugi ning sisekülgedele kinnitatud poltidega teraslehed paksusega 6 mm kaotamaks külgede omavahelist raadiust (vt joonis 2.18).

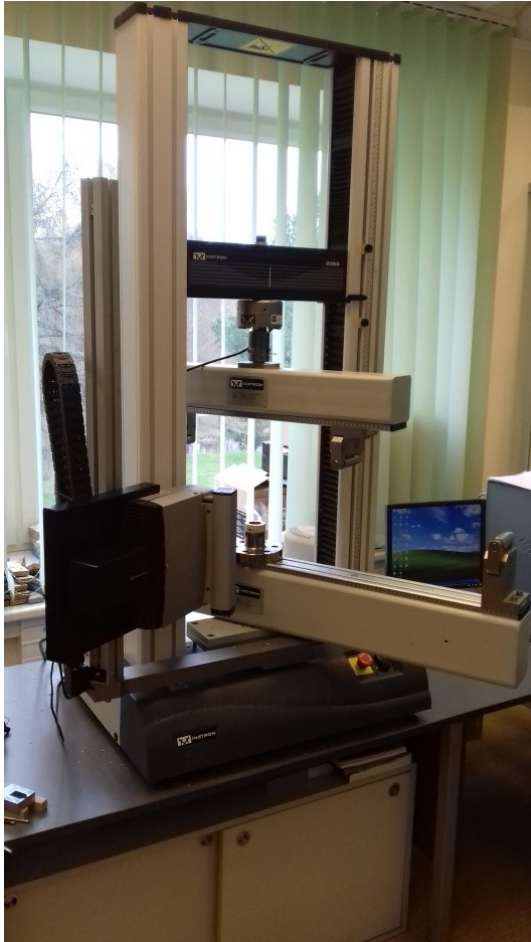
Tabel 2.4. Liimpuitlattide koormamise asetus

Katsekeha seeria	Koormamine 90° (<i>rectangular shape</i>)	Koormamine 45° (<i>diamond shape</i>)
SS 01		x
CCLT 02	x	
CCLT 03	x	
CCLT 04	x	
CCLT 05		x
CCLT 06		x
CCLT 07		x
CCLT 08		x
CCLT 09		x
GL 01	x	
GL 02	x	



Joonis 2.18. Katsekeha *CCLT 08 KK 3-3* enne paindekatse alustamist. (K. Peedosaar' e foto 2018).

Paindekatsete teostamiseks on kasutatud Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi Metsakorralduse- ja Metsatööstuse õppetooli katseseadet INSTRON 3369 (vt joonis 2.19), mis võimaldab koormust rakendada maksimaalselt 50 kN. Koormusseade võimaldab mõõta koormust 1% täpsusega rakendatavast koormusest katsekehale (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Vastavalt standardile jäi katsekehade purustava koormuse saavutamise ajaks 300 ± 120 sekundit (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Katsetulemused salvestatakse *raw*-failidena, mida hiljem töödeldakse programmiga *Microsoft Excel*.



Joonis 2.19. Universaalne katseseade INSTRON 3369 (G. G. Luhtaru foto 2018).

Katsetulemuste abil esitatakse koormuse ning läbipainde graafik (vt joonis 2.20), mille piirkonda vahemikust $0,1 F_{\max, \text{est}}$ kuni $0,4 F_{\max, \text{est}}$ kasutatakse regressioonanalüüsiks. Antud vahemikus leitakse piirkonna pikim osa, mis annab korrelatsiooniteguri 0,99 või enam. (EVS-EN 408:2010+A1:2012)

Lokaalse paindeelastsusmooduli arvutusvalem (EVS-EN 408:2010+A1:2012):

$$E_{m,l} = \frac{al_1^2 (F_2 - F_1)}{16I (w_2 - w_1)}, \quad (2.1)$$

kus $E_{m,l}$ on lokaalne paindeelastsusmoodul N/mm^2 ;

$F_2 - F_1$ - koormuse juurdekasv N ;

$w_2 - w_1 - (F_2 - F_1)$ -le vastav läbipainde juurdekasv mm ;

a - koormuse rakenduspunkti ja lähima toe vaheline kaugus mm ;

l_1 - paindeava pikkus mm;

I - ristlõike inertsimoment mm^4 .

Ruutristlõike telginertsmomendi arvutusvalem (Rohusaar *et al.* 2012: 26):

$$I = \frac{a^4}{12}, \quad (2.2)$$

kus I on telginertsmoment mm^4 ;

a -külje pikkus mm.

90° (*rectangular shape*) nurga alla liimpuitlati paindetugevuse arvutusvalem (EVS-EN 408:2010+A1:2012):

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2}, \quad (2.3)$$

kus f_m on paindetugevus N/mm^2 ;

F - koormus N;

a - koormuse rakenduspunkti ja lähima toe vaheline kaugus mm;

b - ristlõike laius mm;

h - ristlõike kõrgus mm.

45° (*diamond shape*) nurga alla liimpuitlati paindetugevuse arvutusvalem standardi EVS-EN 408:2010+A1:2012 alusel (Rohusaar *et. al* 2012: 26):

$$f_m = \frac{3\sqrt{2}Fa}{bh^2}, \quad (2.4)$$

kus f_m on paindetugevus N/mm^2 ;

F - koormus N;

a - koormuse rakenduspunkti ja lähima toe vaheline kaugus mm;

b - ristlõike laius mm;

h - ristlõike kõrgus mm.

2.5.2. Survekatse pikikiudu

Survekatsete puhul on lähtutud vastavalt standardile EVS-EN 408: 2010+A1: 2012. “Ehituspuit ja liimpuit. Mõnede füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste määramine”. Survekatsete puhul määrati katsekehade tugevusomadused purustava meetodi abil.

Survekatsekehade mõõtmised teostati analoogselt paindekatse katsekehade mõõtmistega. Survekatsete jaoks tehtud katsekehad mõõdeti täpsusega 1% ning kõik mõõtmised teostati mitte lähemalt kui 150 mm katsekeha otsast. Katsekehade mõõtmisel kasutati digitaalset nihikkaliibrit INSIZE IP67 mõõtetäpsusega 0,01 mm (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Niiskussisalduse mõõtmiseks kasutati Brookhuis FME elektrood varrastega niiskusemõõtjat mõõtetäpsusega 0,1%. Kõikide kombineeritud ristlõikega (*CCLT*) katsekehade niiskust mõõdeti iga lamelli puhul eraldi. Massiivpuidust (*SS*) katsekehade puhul mõõdeti niiskussisaldust kolmest punktist. Liimpuitkatsekehade (*GL*) puhul mõõdeti niiskussisaldust iga lamelli puhul kolmest punktist. Katsekehade kaalumist teostati Kern FKB 36K0,1 kaaluga mõõtetäpsusega 0,01 kg. Täpsustavad andmed on välja toodud protokollis (vt lisa 4). Survekatsekehade pikkused määrati vastavalt standardile, milleks on kuuekordne ristlõike kõrgus (480 mm) ning ristlõike mõõtmeks on 80x80 mm (EVS-EN 408:2010+A1:2012).

Survekatsete läbiviimiseks on kasutatud Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi universaalset katseseadet P-125 (vt joonis 2.20), mille maksimaalseks rakendatavaks koormuseks on 1250 kN. Rakendatavat koormust katsekehale võimaldab koormusseade mõõta 1% täpsusega. Siirdeandur Ahlborn ALMEMO FWA 025T, mis on paigaldatud koormusseadme külge võimaldab mõõta katsekehal tekkivaid deformatsioone 1% täpsusega (EVS-EN 408:2010+A1:2012).



Joonis 2.20. Liimpuitlati survekatse universaalse katseseadmega (G. G. Luhtaru foto 2018).

Aeg, milleks kulub katsekeha purustava jõu saavutamiseks jääb vahemikku 300 ± 120 sekundit. Katsekäigu kohta koostatakse automaatselt logifailid, mida hiljem töödeldakse programmiga *Microsoft Excel*. Tulemuste kohta esitatakse koormuse ning siirde graafik, milles uuritakse piirkonda $0,1 F_{\max, \text{est}}$ kuni $0,4 F_{\max, \text{est}}$ ning antud vahemikku kasutatakse regressioonanalüüsiks. Sarnaselt paindekatse metoodikale leitakse survekatsete puhul antud vahemikus piirkonna pikim osa, mis annab korrelatsiooniteguri 0,99 või enam. (EVS-EN 408:2010+A1:2012)

Surveelastsusmooduli arvutusvalem pikikiudu survel (EVS-EN 408:2010+A1:2012):

$$E_{c,0} = \frac{l_1 (F_2 - F_1)}{A (w_2 - w_1)}, \quad (2.5)$$

kus $E_{c,0}$ on surveelastsusmoodul pikikiudu survel N/mm^2 ;

l_1 - katsekeha pikkus mm;

$F_2 - F_1$ - koormuse juurdekasv N;

$w_1 - w_2 - (F_2 - F_1)$ -le vastav deformatsiooni juurdekasv mm;

A - ristlõike pindala mm^2 .

Survetugevuse arvutamiseks kasutatav valem pikikiudu (EVS-EN 408:2010+A1:2012):

$$f_{c,0} = \frac{F_{\max}}{A}, \quad (2.6)$$

kus $f_{c,0}$ on survetugevus pikikiudu N/mm²;

F_{\max} - maksimaalne koormus N;

A - ristlõike pindala mm².

2.5.3. Katsekehade uurimine elektronmikroskoobiga

Kõikidele *CCLT*-seeria katsekehadele teostatud uuringute puhul on kasutatud *Ecole Supérieure du Bois*'i elektronmikroskoopi Quanta 250. Antud mikroskoobiga on võimalik vaadelda puidu anatoomiat, näha katsekehade lamellidevahelise liimikihi paksust ning nendes esinevaid võimalikke probleeme. (Teppand *et al.* 2018)

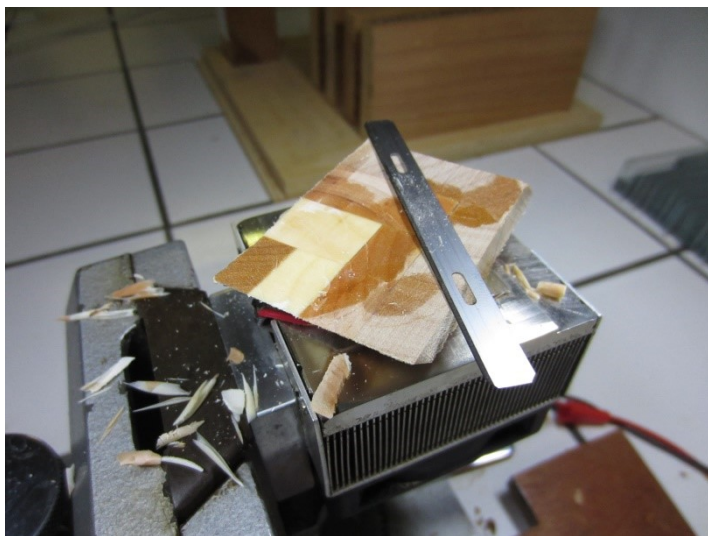
CCLT-seeria katsekehadelt lõigati pärast paindekatsete läbiviimist 2 cm paksused seibid. Erinevate puiduliikide omavahelise liimühenduse paremaks läbivaatuseks lõigati eelmainitud seibid neljaks (vt joonis 2.21).



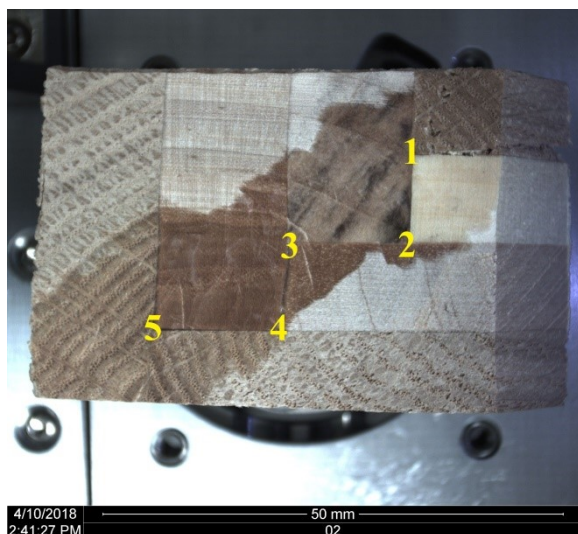
Joonis 2.21. Elektronmikroskoobi katsekehad (T. Teppand'i foto 2018).

Kuna vaadeldava katsekeha pind on vaja eelnevalt elektronmikroskoobi abil uurimist võimalikult puhtaks saada ning olema ilma muljutud puidukiududeta, siis oli vajalik katsekeha pinda töödelda žiletiga. Pindade töötlemisel lõigati katsekehade servad ca 45°

nurga all (vt joonis 2.22), et tagada parem ülevaade elektronmikroskoobi poolt tekitatud pildi jaoks ning kokku uuriti iga katsekeha puhul viit erinevat piirkonda (vt joonis 2.23).



Joonis 2.22. Katsekeha pinna töötlemine žiletiga (T. Teppand'i foto 2018).



Joonis 2.23. Elektronmikroskoobiga uuritavad piirkonnad (Teppand *et al.* 2018).

Katsekehade uurimiseks elektronmikroskoobiga suletakse see vaakumkambrisse kuhu tekitakse vastav töö rõhk. See aitab parandada elektronide liikuvust läbi katsekeha. Järgmiseks jäädvustatakse pilt katsekehast kasutades kõrge resolutsiooniga sisseehitatud kaamerat. Pilt katsekehast kuvatakse elektronmikroskoobiga ühendatud arvutiga. (Stokes 2008: 19)

3. KATSETULEMUSED JA ANALÜÜS

3.1. Paindekatsete tulemused ja analüüs

3.1.1. 45° (*diamond shape*) all koormatud CCLT- ning SS-seeria paindekatsete tulemused

CCLT-seeria kui ka SS-seeria katsekehad on paindekatsetel koormatud 45° nurga all (*diamond shape*). CCLT-seeria katsekehad koosnevad kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega liimpuitlattidest (ristlõikega 80x80 mm) ning SS-seeria katsekehad on võrdluseks koostatud kuusepuidust samuti ristlõikega 80x80 mm.

CCLT-ja SS-seeria paindekatsed on läbi viidud Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi Metsakorralduse ja Metsatööstuse õppetooli katseseadmega *INSTRON* 3369. Paindekatsete puhul on lähtutud nelja punkti paindekatse metoodikast (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Katse läbiviimisel koostati katseseadme poolt automaatselt andmed *raw*-failidena, mis omakorda töödeldi läbi tabelarvutussüsteemis *Microsoft Excel*. Seejärel arvutati välja vastavalt metoodika peatükis esitatud valemite järgi iga katsekeha paindemoment, paindetugevus ja lokaalne paindeelastsusmoodul. Keskmised katse- ja arvutustulemused on välja toodud tabelis 3.1 ja 45° all koormatud katsekehade tulemuste koontabel on lisas 5. Kuuse täispuidust katsekehadel (SS-seeria) oli kõige väiksem keskmine paindetugevus (46,58 MPa). Kontsentrilise asetusega liimpuitlattidest saavutas kõige suurema keskmise paindetugevuse katsekehad ristlõikekombinatsiooniga: saar, must lepp, kask ja saar (108,10 MPa).

Tabel 3.1. 45° all (*diamond shape*) koormatud SS- ja CCLT-seeria katsekehade katse- ja arvutustulemused (keskmised)

Katse- keha nimetus	Ristlõike kombinatsioon (kihid seest välja)	Max jõud (N)	Painde- moment (Nmm)	Painde- tugevus (MPa)	Painde- elastsus- moodul (MPa)	Läbi- paine max F (mm)	Jäävdefor- matsioon (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8
SS 01	kuusk	15613	3122589	46,58	11425,56	14,19	8,95
CCLT 05	saar, must lepp, kask, saar	36238	7428721	108,10	11573,54	36,23	16,90

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>CCLT 06</i>	kask, haab, kuusk, kask	27707	5541305	82,65	10768,57	31,02	3,79
<i>CCLT 07</i>	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	20218	4043569	60,31	9141,11	25,54	4,53
<i>CCLT 08</i>	mänd, haab, must lepp, mänd	29686	5937109	88,56	12455,58	30,57	5,85
<i>CCLT 09</i>	haab, haab, haab, haab	24489	4897897	73,05	10085,47	28,79	4,69

Lisaks jäädvustati peale katsetamist iga katsekeha purunemine. *SS*-seeria ning *CCLT*-seeria katsekehade purunemispildid on väljatoodud joonistel 3.1 ja 3.2.



Joonis 3.1. Purunemispilt *SS 01 KK 4-4* (K. Peedosaar'e foto 2018).



Joonis 3.2. Purunemispilt *CCLT 05 KK 3-3* (G. G. Luhtaru foto 2018).

Peale katsekehade purustavaid paindekatseid universaalse katseseadmega mõõdeti digitaalse nihikmõõdikuga iga katsekeha jäävdeformatsioon. *CCLT*- ning *SS*-seeria paindekatsete koondtabeli põhjal on koostatud tabelarvutussüsteemiga *Microsoft Excel* purunemisgraafikud, mis on esitatud lisas 6.

3.1.2. 90° (*rectangular shape*) all koormatud *CCLT*-seeria paindekatsete tulemused

CCLT-seeria katsekehad on paindekatsetel koormatud 90° nurga all (*rectangular shape*). *CCLT*-seeria katsekehad koosnevad kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega liimpuitlattidest (ristlõikega 80x80 mm).

CCLT-seeria paindekatsed on läbi viidud Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi Metsakorralduse ja Metsatööstuse õppetooli katseseadmega INSTRON 3369. Paindekatsete puhul on lähtutud nelja punkti paindekatse metoodikast (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Katsete läbiviimisel koostati katseseadme poolt igale katsekehale automaatselt andmed *raw*-failidena, mis omakorda töödeldi, kasutades tabelarvutussüsteemi *Microsoft Excel*. Seejärel arvutati välja vastavalt metoodika osas välja toodud valemite järgi iga katsekeha paindemoment, paindetugevus ja lokaalne paindeelastsusmoodul. Tabelis 3.2 on välja toodud keskmised katse- ja arvutustulemused. Lisas 7 on välja toodud *CCLT*-seeria katsekehade tulemuste koondtabel. Keskmistest paindetugevustest lähtudes on 90° all koormatud kontsentrilise asetusega katsekehadest kõige tugevamaks *CCLT* 03-seeria (91,27 MPa). Kõige väiksem keskmine paindetugevus kuulus *CCLT* 02-seeria katsekehadele (57,92 MPa).

Tabel 3.2. 90° all (*rectangular shape*) koormatud *CCLT*-seeria katsekehade katse- ja arvutustulemused (keskmised arvvaartused)

Katsekeha nimetus	Ristlõike kombinatsioon (kihid seest välja)	Max jõud (N)	Painde-moment (Nmm)	Painde-tugevus (MPa)	Painde-elastsus-moodul (MPa)	Läbi-paine max F (mm)	Jäävdefor-matsioon (mm)
<i>CCLT</i> 02	tamm, haab, kask, tamm	27457	5491319	57,92	10037,92	29,48	6,86
<i>CCLT</i> 03	saar, haab, kask, saar	43271	8654196	91,27	12928,11	45,96	35,45
<i>CCLT</i> 04	kask, haab, must lepp, kask	32656	6531130	68,88	11657,53	33,90	5,96

Peale purustavaid katseid fotografeeriti katsekehade purunemine. *CCLT*-seeria katsekehade purunemispilt on väljatoodud joonisel 3.3.



Joonis 3.3. Purunemispilt *CCLT* 02 KK 1-3 (K. Peedosaar'e foto 2018).

Sarnaselt 45° nurga all koormatud katsekehade katsetamisega mõõdeti peale purustavaid katseid digitaalse nihkmõõdikuga katsekehade jäävdeformatsioon. *CCLT*-seeria paindekatsete koondtabeli andmete põhjal on koostatud tabelarvutussüsteemiga *Microsoft Excel* purunemisgraafikud (lisa 8).

3.1.3. *GL*-seeria paindekatsete tulemused

GL-seeria katsekehad on paindekatsetel koormatud 90° nurga all (*rectangular shape*). Antud seeria katsekehad on paralleelselt kiudude suunaga puitlamellidest kokku liimitud. *GL* 01-seeria katsekehad koosnevad neljast 20 mm paksusest lamellist (ristlõikega 80x80 mm) ning *GL* 02-seeria koosneb kaheksast 10 mm paksusest lamellist (ristlõikega 80x80 mm).

GL-seeria paindekatsed on läbi viidud Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi Metsakorralduse ja Metsatööstuse õppetooli katseseadmega INSTRON 3369. Paindekatsete puhul on lähtutud nelja punkti paindekatse metoodikast (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Katsete läbiviimisel koostati katseseadme poolt automaatselt andmed

raw-failidena, mis omakorda töödeldi läbi tabelarvutussüsteemiga *Microsoft Excel*. Seejärel arvutati välja antud seeriale vastavalt metoodika osas esitatud valemite järgi katsekehade paindemomendid, paindetugevused ja lokaalsed paindeelastsusmoodulid. Katse- ja arvutustulemuste keskmised väärtused on välja toodud tabelis 3.3. GL-seeria paindekatsete koontabel on esitatud lisas 9. Neljast lamelist koosnevad liimpuitlatid (GL 01) saavutasid keskmiseks paindetugevuseks 53,77 MPa ning kaheksast lamelist (GL 02) liimpuitlatid 40,48 MPa.

Tabel 3.3. 90° all (*rectangular shape*) koormatud GL-seeria katsekehade katse- ja arvutustulemused (keskmised arväärtused)

Katse- keha nimetus	Ristlõike kombinatsioon (kihid seest välja)	Max jõud (N)	Painde- moment (Nmm)	Painde- tugevus (MPa)	Painde- elastsus- moodul (MPa)	Läbi- paine max F (mm)	Jäävdefor- matsioon (mm)
GL 01	kuusk	25492	5098485	53,77	10152,80	30,05	28,51
GL 02	kuusk	19191	3838149	40,48	10278,31	21,17	11,43

Samuti jäädvustati peale purustavaid katseid katsekehade purunemine. GL-seeria katsekehade purunemispildid on väljatoodud joonisel 3.4.



Joonis 3.4. Purunemispilt GL 01 KK 1-4 (G. G. Luhtaru foto 2018).

Peale katsekehade purustavaid paindekatseid mõõdeti digitaalse nihikmõõdikuga katsekehade jäävdeformatsioonid. GL-seeria paindekatsete koondtabeli põhjal on koostatud tabelarvutussüsteemiga *Microsoft Excel* purunemisgraafikud ning esitatud lisas 9.

3.1.4. 45° (*diamond shape*) all koormatud CCLT- ning SS-seeria paindekatsete analüüs

Antud paindekatsete seeria (*diamond shape*) korral katsetati kontsentrilise asetusega viite CCLT-seeria (ristlõike kombinatsioonidega 05; 06; 07; 08 ja 09) katsekehasid, mis koosnevad erinevatest puiduliikidest kombineeritud ristlõikega puitlamellidest. Lisaks katsetati ka SS-seeria katsekehasid, mis olid valmistatud kuuse täispuidust ning neid kasutati võrdlemaks kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehade paindetugevust ning paindeelastsusmoodulit. Katsetulemused antud seeriate puhul on töödeldud tabelitöötlusprogrammiga *Microsoft Excel*. Peamised katse- ja arvutustulemused on esitatud tabelis 3.4. Tabelis on välja toodud järgmised andmed: katsekehade nimetused, liimpuitlattide ristlõigete kombinatsioonid, purustavad jõud, paindetugevused ja paindeelastsusmoodulid. Kõiki paindekatse käigus saadud tugevusomadusi on võrreldud ning analüüsitud omavahel ja katse- ja arvutustulemuste kohta on esitatud koondtabel (lisa 5). Lähtudes 45° all koormatud katsekehade paindekatsete tulemustest võib selgelt järeldada, et kõige väiksema paindetugevusega olid SS-seeria katsekehad, mida võrreldi CCLT-seeria katsekehadega. SS-seeria oli valmistatud kuuse täispuidust, mille minimaalne paindetugevus oli katsekehal SS 01 KK 3-4 (45,55 MPa) ja kõige suuremaks katsekehal SS 01 KK 4-4 (47,33 MPa). Samas kombineeritud ristlõikega liimpuitlattide paindetugevused olid selgelt suuremad kui täispuidul. Kõige suuremad paindetugevused saavutas katseseeria CCLT 05, ristlõikekombinatsiooniga: saar, must lepp, kask, saar (lamelli kihid seestpoolt välja), suurima paindetugevusega katsekeha CCLT 05 2-3 (124,99 MPa), mis oli kõige nõrgemast täispuidu katsekehast üle 2,5 korra tugevam.

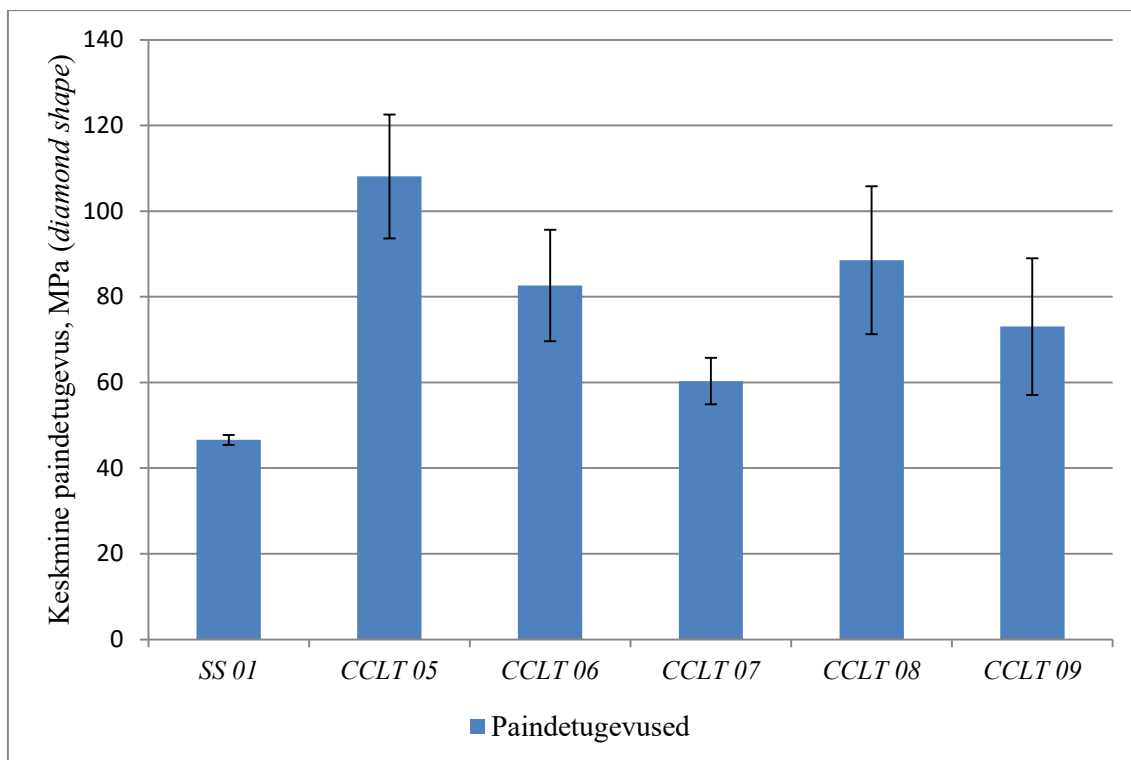
Tabel 3.4. 45° all (*diamond shape*) koormatud SS- ja CCLT-seeria paindekatsete tulemused

Katsekeha nimetus	Ristlõike kombinatsioon (lamelli kihid seest välja)	Max jõud (N)	Painde-tugevus (MPa)	Painde-elastsusmoodul (MPa)
1	2	3	4	5
SS 01 KK 1-4	kuusk	15652	46,69	9596,35
SS 01 KK 2-4	kuusk	15664	46,73	13489,58
SS 01 KK 3-4	kuusk	15269	45,55	8776,58
SS 01 KK 4-4	kuusk	15866	47,33	13839,71
CCLT 05 KK 1-3	saar, must lepp, kask, saar	37163	110,86	11213,34
CCLT 05 KK 2-3	saar, must lepp, kask, saar	41900	124,99	12061,31
CCLT 05 KK 3-3	saar, must lepp, kask, saar	36265	108,18	12007,60

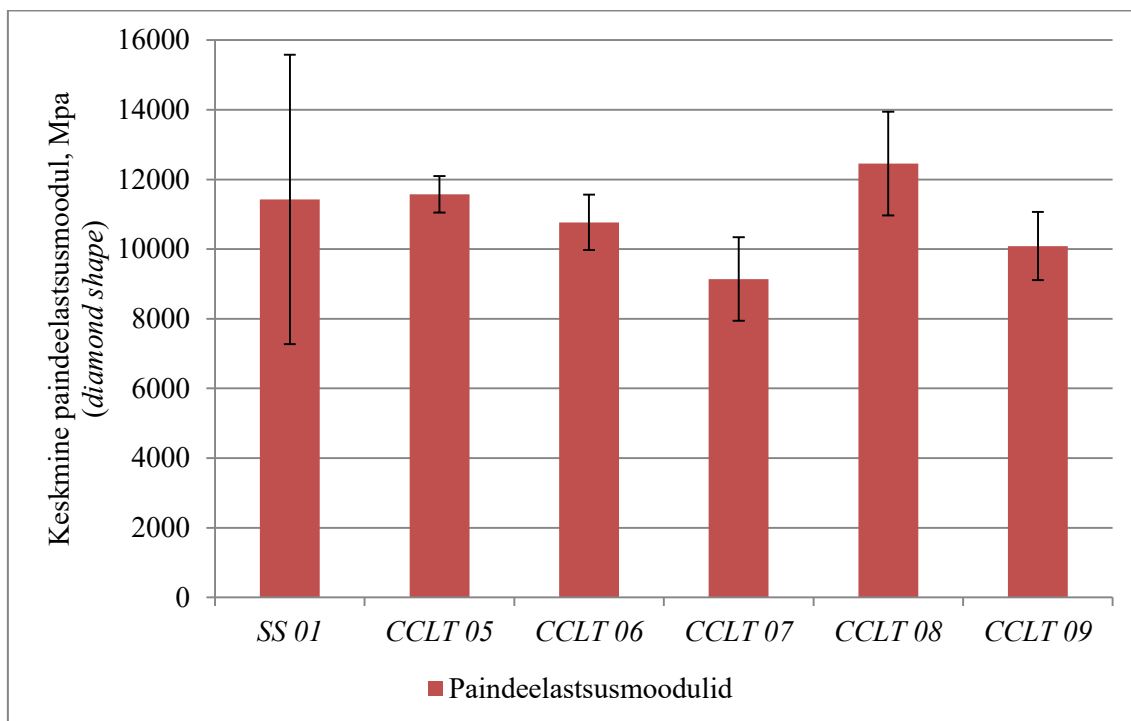
1	2	3	4	5
CCLT 05 KK 1-2	saar, must lepp, kask, saar	34668	103,42	11289,17
CCLT 05 KK 2-2	saar, must lepp, kask, saar	31192	93,05	11296,28
CCLT 06 KK 1-3	kask, haab, kuusk, kask	28734	85,72	10864,21
CCLT 06 KK 2-3	kask, haab, kuusk, kask	29119	86,86	10992,60
CCLT 06 KK 3-3	kask, haab, kuusk, kask	22902	68,32	9664,66
CCLT 06 KK 1-2	kask, haab, kuusk, kask	32068	95,66	11312,39
CCLT 06 KK 2-2	kask, haab, kuusk, kask	25710	76,70	11009,02
CCLT 07 KK 1-3	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	22303	66,53	10086,86
CCLT 07 KK 2-3	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	18362	54,78	8720,48
CCLT 07 KK 3-3	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	19455	58,04	7774,43
CCLT 07 KK 1-2	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	20282	60,50	9101,00
CCLT 07 KK 2-2	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	20688	61,71	10022,75
CCLT 08 KK 1-3	mänd, haab, must lepp, mänd	28586	85,27	13682,38
CCLT 08 KK 2-3	mänd, haab, must lepp, mänd	24607	73,41	12281,80
CCLT 08 KK 3-3	mänd, haab, must lepp, mänd	28946	86,35	10773,48
CCLT 08 KK 1-2	mänd, haab, must lepp, mänd	28934	86,31	11993,45
CCLT 08 KK 2-2	mänd, haab, must lepp, mänd	37354	111,43	13546,78
CCLT 09 KK 1-3	haab, haab, haab, haab	26544	79,18	8824,76
CCLT 09 KK 2-3	haab, haab, haab, haab	24760	73,86	10824,82
CCLT 09 KK 3-3	haab, haab, haab, haab	26710	79,68	10455,30
CCLT 09 KK 1-2	haab, haab, haab, haab	27444	81,87	10480,01
CCLT 09 KK 2-2	haab, haab, haab, haab	16990	50,68	9842,45

Katseseeria keskmistest paindetugevuste ja paindeelastsusmoodulite arvutusväärtustest koostati tabeltöötlusprogrammiga *Microsoft Excel* statistiline andmeanalüüs. Analüüsi eesmärgiks on võrrelda kahe arvulise tunnuse keskmisi aritmeetilisi väärtusi. Esiteks võrreldakse kuuse täispuidu ja kontsentrilise asetusega erinevatest puiduliikidest liimpuitlattide keskmisi paindetugevusi. Teiseks vaadeldi ka seost keskmiste paindeelastsusmoodulite vahe.

45° alla koormatud katsekehade (SS- ja CCLT-seeria) keskmistest paindetugevustest ja paindeelastsusmoodulitest on koostatud programmiga *Microsoft Excel* tulpdiaграмmid (joonis 3.5 ja joonis 3.6). Lisaks on koostatud mõlemale joonisele ka 95% usaldusintervallid.



Joonis 3.5. 45° all (*diamond shape*) koormatud SS- ja CCLT-seeria paindetugevused koos 95% usaldusintervalliga (keskmised).



Joonis 3.6. 45° all (*diamond shape*) koormatud SS- ja CCLT-seeria paindeelaastusmoodulid koos 95% usaldusintervalliga (keskmised).

Kuuse täispuidust katsekehade keskmiseks paindetugevuseks saadi usaldusintervalliga $46,58 \pm 1,18$ MPa. Oluliselt paremaid tulemusi võrreldes massiivpuiduga andsid kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega liimpuitlatid. Parimad keskmised paindetugevuste tulemused saadi katseseeriatega *CCLT* 05 ($108,10 \pm 14,45$ MPa) ja *CCLT* 08 ($88,56 \pm 17,27$ MPa). *CCLT*-seeria katsekehad näitasid suurema paindetugevuse juures väiksemat keskmist paindeelastsusmoodulit kui *SS*-seeria katsekehade omad. Seega täispuidust katsekehade paindeelastsusmooduli keskmine näitaja on $11425,56 \pm 4154,63$ MPa ning kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehade seas näitasid kõrgemat keskmist paindeelastsusmoodulit seeria *CCLT* 08 ($12455,58 \pm 1491,16$ MPa) ja *CCLT* 05 ($11573,54 \pm 524,52$ MPa). Massiivpuidul on tunduvalt suuremad usaldusintervallid 95% juures võrreldes kontsentrilise asetusega liimpuitlattidel.

Statistilise andmeanalüüsi koostamiseks ja normaaljaotusega üldkogumi keskmiste paindetugevuste ja paindeelastsusmoodulite hindamiseks *SS*- ja *CCLT*-seeria vahel on tehtud kahe valimi dispersioonide *F-Test*. Testi tegemiseks valitakse esimeseks valimi andmete plokiks alati *SS*-seeria katsekehade keskmised paindetugevused ja teiseks valmiks on vastavalt igal korral *CCLT*-seeria paindetugevused. Sama protsessi korratakse elastsusmoodulite omavahelise seose korral. Protseduuriga saadakse ühepoolse võrdlustesti tulemusena olulisuse tõenäosus p , millest sõltub edaspidise funktsiooni (*t-Test*) valik. Dispersioonide erinevuse korral ($p < 0,05$) valitakse *t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances* ja võrdsete dispersioonide korral ($p > 0,05$) *t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*. Funktsioon *t-test* võrdleb *SS*- ja *CCLT*-seeria paindetugevuse või paindeelastsusmooduli aritmeetilisi keskväärtusi. Sellega saame kogumite keskväärtuste võrdlustesti tulemused, mida väljendab olulisuse tõenäosus p . (Kiviste 2007: 46–58)

SS- ja *CCLT*-seeria vahelise keskmiste paindetugevuste seose võrdlemiseks saadi *t-Test*'i kaudu p -väärtus (vt tabel 3.5), mis näitab kahe tunnuse erinevuse vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$, siis loetakse tunnuste vahelist seost statistiliselt oluliseks ehk usaldusväärseks) (Kiviste 2007: 57). Antud katse seeria puhul (*diamond shape*) on kõikide täispuidust katsekehade ja kontsentrilise asetusega erinevatest puiduliikidest kokku kombineeritud liimpuitlattide aritmeetiliste keskmiste paindetugevuste suurused usaldusväärsed ($p < 0,05$).

Tabel 3.5. 45° all (*diamond shape*) koormatud SS- ja CCLT-seeria keskmiste paindetugevuse statistilise usaldusväärsuse seos

	<i>CCLT 05</i>	<i>CCLT 06</i>	<i>CCLT 07</i>	<i>CCLT 08</i>	<i>CCLT 09</i>
SS 01	0,0001478	0,0007688	0,0011576	0,0012639	0,0050191

SS- ja CCLT-seeria vahelise keskmiste paindeelastsusmoodulite seose võrdlemiseks saadi *t-Test*'i kaudu *p*-väärtus (vt tabel 3.6), mis näitab kahe tunnuse erinevuse vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$, siis loetakse tunnuste vahelist seost statistiliselt oluliseks ehk usaldusväärseks) (Kiviste 2007: 57). Kõikide massiivpuidust katsekehade (SS-seeria) ja kontsentrilise asetusega (CCLT-seeria) liimpuitlattide keskmiste paindeelastsusmoodulite vahelised seosed on statistiliselt ebausaldusväärsed. Statistilise andmeanalüüsi käigus selgus, et statistilise olulisuse näitaja *p* on iga seose korral suurem kui 0,05 (statistiliselt ebausaldusväärne). See on tingitud sellest, kuna kuuse täispuidust katsekehade valmistamisel ei kasutatud tugevussorteeritud puitu. Seega mõjutavad vead (oksad, praod, kasvuvead jms), mida sorteerimise käigus vähendatakse, puidu tugevusomadusi suuresti.

Tabel 3.6. 45° all (*diamond shape*) koormatud SS- ja CCLT-seeria keskmiste paindeelastsusmoodulite statistilise usaldusväärsuse seos

	<i>CCLT 05</i>	<i>CCLT 06</i>	<i>CCLT 07</i>	<i>CCLT 08</i>	<i>CCLT 09</i>
SS 01	0,4588808	0,3283550	0,0859633	0,2268083	0,1531387

Antud magistritöös tehti igale kontsentrilise asetusega CCLT-seeriale viis katsekeha ning tavalisest kuuse täispuidust SS-seeriale 4. Edaspidiseks uurimiseks ja usaldusväärsemate tulemuste saamiseks on kindlasti vajalik teha enamate katsekehade arvuga katseseeriaid.

3.1.5. 90° all (*rectangular shape*) koormatud V 02-, CCLT- ja GL-seeria paindekatsete analüüs

Antud paindekatsete puhul katsetati kontsentrilise asetusega CCLT-seeria katsekehasid, mis koosnevad kombineeritud ristlõikest ning GL- seeria katsekehasid, mis olid tavapärased liimpuitlatid, mille puhul olid lamellid liimitud üksteise peale paralleelselt kiudude suunaga. Lisaks kasutati andmeid (kuuse täispuidust V 02-seeria katsekehad) ka varem koostatud magistritööst, mille autoriks on Peep Nurme. GL- ja V 02-seeria paindekatsete andmeid võrreldakse kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega. GL-

seeria paindekatsete jaoks valmistatud katsekehad koosnesid kuuse lamellidest, *GL* 01 puhul oli omavahel kokku liimitud 4 lamelli (paksusega 20 mm), mis moodustasid sarnaselt teistele katsekehadele 80x80 mm ristlõike. *GL* 02 puhul liimiti omavahel kokku 8 lamelli (paksusega 10 mm) moodustades samuti 80x80 mm ristlõike, et katsetulemused oleksid võrreldavad *CCLT*-seeria katsekehade, mida koormati 90° nurga all. Sarnaselt 45° all koormatud katsekehade puhul on ka 90° all koormatud katsekehade paindekatsete tulemusi töödeldud *Microsoft Excel* tarkvaraga, millega koostati peamiste paindekatsete tulemuste tabel (vt tabel 3.7). Paindekatsete käigus saadud katse- ja arvutustulemuste koondtabel on esitatud lisas 7. Paindekatsete tulemustest lähtudes võib järeldada, et 90° all koormatud kõige väiksemad paindetugevused on *V* 02- ja *GL*-seeria katsekehadel, mille andmeid võrreldi *CCLT*-seeriatega. Kõige madalamad paindetugevused oli katsekehadel *GL* 02 KK 3-4 (25,52 MPa) ja *V* 02 KK 1-4 (29,26 MPa). Võrdluseks kõige parima kombineeritud ristlõikega liimpuitlatil, mis oli valmistatud puiduliikidest saar, haab, kask ja saar, oli maksimaalne paindetugevus ligi neli korda parem katsekehal *CCLT* 03 KK 2-3 (96,60 MPa), kui traditsiooniliselt kokku liimitud latil. Kombineeritud ristlõikega katsekehade kõige väiksema paindetugevusega oli *CCLT* 02 KK 2-2 (53,32 MPa), mille ristlõike koosnes tamme, haava, kase ja tamme (loetuna seestpoolt välja) lamellidest. *GL* 01 seeria katsekehade kõrgeimaks paindetugevuseks saadi katsekehal *GL* 01 KK 4-4 (59,75 MPa) ning *GL* 02 seeria parimaks paindetugevuseks jäi katsekeha *GL* 02 KK 2-4 (52,05 MPa).

Tabel 3.7. 90° all (*rectangular shape*) koormatud *V* 02^[1]-, *CCLT*- ja *GL*-seeria paindekatse tulemused

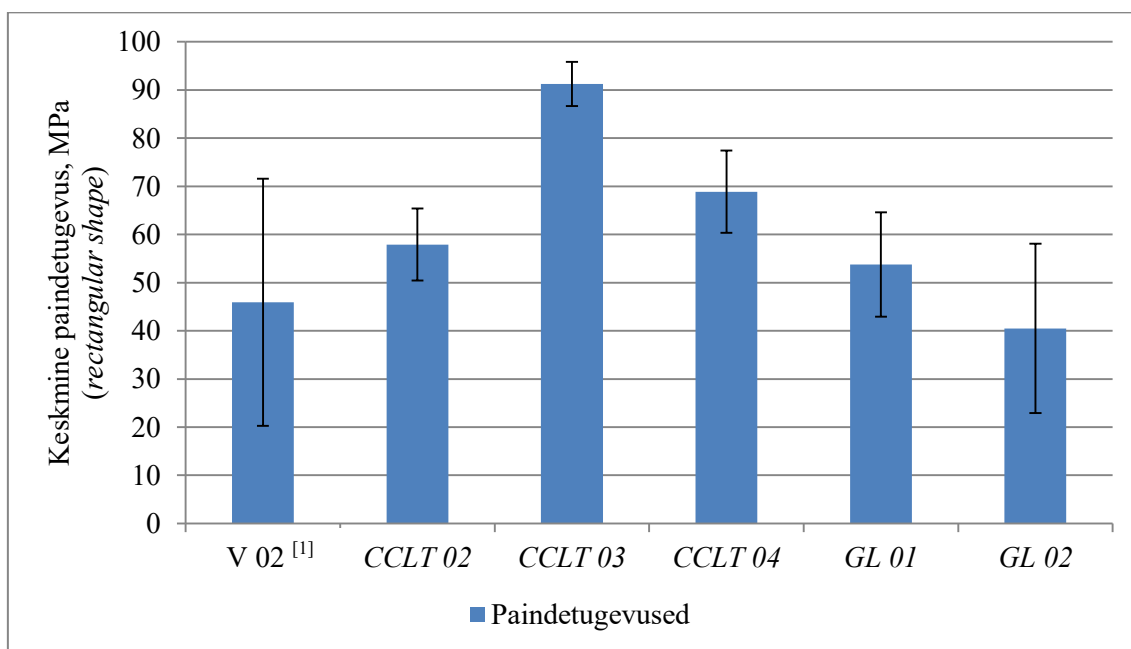
Katsekeha nimetus	Ristlõike kombinatsioon (lamelli kihid seest välja)	Max jõud (N)	Paindetugevus (MPa)	Paindelastsusmoodul (MPa)
1	2	3	4	5
<i>V</i> 02 KK 1-4 ^[1]	kuusk ^[1]	19388 ^[1]	65,87 ^[1]	11732,02 ^[1]
<i>V</i> 02 KK 2-4 ^[1]	kuusk ^[1]	15106 ^[1]	51,32 ^[1]	10702,35 ^[1]
<i>V</i> 02 KK 3-4 ^[1]	kuusk ^[1]	10958 ^[1]	37,23 ^[1]	9023,60 ^[1]
<i>V</i> 02 KK 4-4 ^[1]	kuusk ^[1]	8612 ^[1]	29,26 ^[1]	7651,94 ^[1]
<i>CCLT</i> 02 KK 1-3	tamm, haab, kask, tamm	26749	56,42	8961,02
<i>CCLT</i> 02 KK 2-3	tamm, haab, kask, tamm	26043	54,93	11648,95
<i>CCLT</i> 02 KK 3-3	tamm, haab, kask, tamm	26793	56,52	9931,15
<i>CCLT</i> 02 KK 1-2	tamm, haab, kask, tamm	32427	68,40	9813,95

1	2	3	4	5
<i>CCLT</i> 02 KK 2-2	tamm, haab, kask, tamm	25272	53,31	9834,54
<i>CCLT</i> 03 KK 1-3	saar, haab, kask, saar	44099	93,02	14069,43
<i>CCLT</i> 03 KK 2-3	saar, haab, kask, saar	45794	96,60	12867,16
<i>CCLT</i> 03 KK 3-3	saar, haab, kask, saar	41245	87,00	11878,56
<i>CCLT</i> 03 KK 1-2	saar, haab, kask, saar	42937	90,57	11771,99
<i>CCLT</i> 03 KK 2-2	saar, haab, kask, saar	42279	89,13	14053,40
<i>CCLT</i> 04 KK 1-3	kask, haab, must lepp, kask	27156	57,28	11666,22
<i>CCLT</i> 04 KK 2-3	kask, haab, must lepp, kask	34994	73,82	11925,52
<i>CCLT</i> 04 KK 3-3	kask, haab, must lepp, kask	34145	72,03	11845,84
<i>CCLT</i> 04 KK 1-2	kask, haab, must lepp, kask	34770	73,34	11555,33
<i>CCLT</i> 04 KK 2-2	kask, haab, must lepp, kask	32213	67,95	11294,76
<i>GL</i> 01 KK 1-4	kuusk	28051	59,17	10678,86
<i>GL</i> 01 KK 2-4	kuusk	21790	45,96	9550,76
<i>GL</i> 01 KK 3-4	kuusk	23803	50,21	9972,04
<i>GL</i> 01 KK 4-4	kuusk	28327	59,75	10409,56
<i>GL</i> 02 KK 1-4	kuusk	20537	43,32	10180,94
<i>GL</i> 02 KK 2-4	kuusk	24677	52,05	11842,22
<i>GL</i> 02 KK 3-4	kuusk	12095	25,51	9943,43
<i>GL</i> 02 KK 4-4	kuusk	19453	41,03	9146,63

Märkus. ^[1] (Nurme 2017)

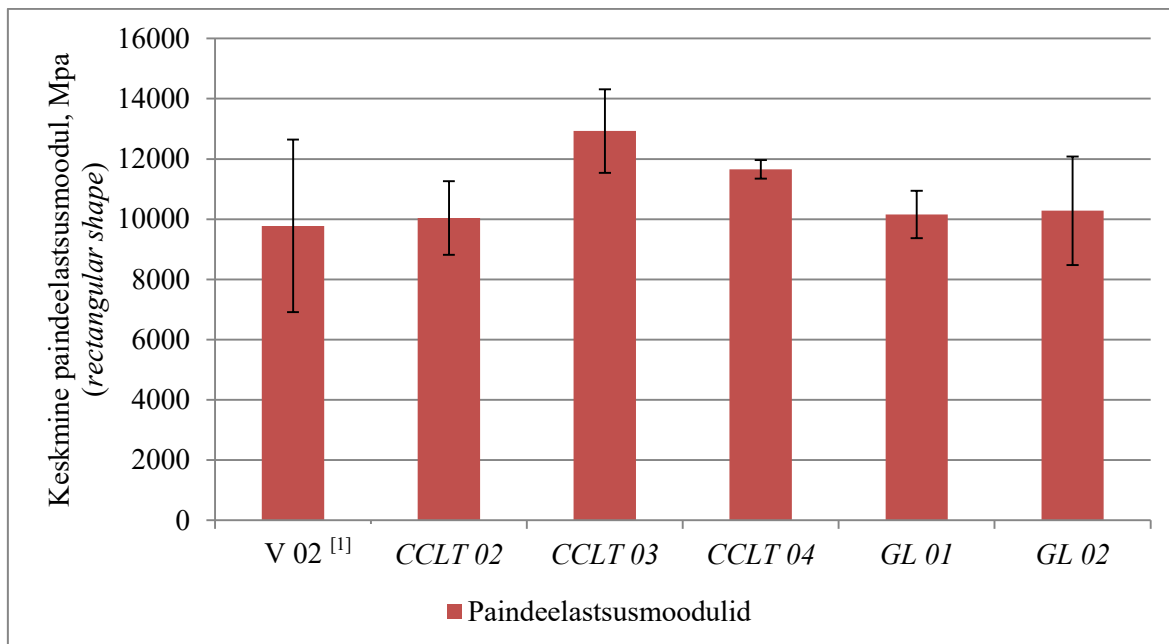
Keskmistest paindetugevuste ja paindeelastsusmoodulite arvutusväärtustest koostati tarkvaraga *Microsoft Excel* statistiline andmeanalüüs, mille eesmärgiks on võrrelda kahe arvulise tunnuse keskmisi aritmeetilisi väärtusi. Analüüsimiseks võeti täispuidust V 02-seeria (autor Peep Nurme), ning kahe erineva seeria (lamelli paksused *GL* 01-seerial 10 mm ja *GL* 02-seerial 20 mm) traditsioonilist liimpuitlatti, mida võrreldi katsekehade, mis olid valmistatud erinevatest puiduliikidest (kontsentrilise asetusega). Statistilise andmeanalüüsi saamiseks võrreldi katsekehade paindetugevuste ja paindeelastsusmoodulite aritmeetilise keskväärtusi.

Tabeltöötlusprogrammiga *Microsoft Excel* on 90° alla koormatud katsekehade keskmistest paindetugevustest koos 95% usaldusintervallidega koostatud tulpdiaagramm (joonis 3.7). Sarnaselt paindetugevusele on koostatud ka keskmistest paindeelastsusmoodulitest koos usaldusintervallidega tulpdiaagramm (vt joonis 3.8).



Joonis 3.7. 90° all (*rectangular shape*) koormatud V, CCLT- ja GL-seeria paindetugevused koos 95% usaldusintervalliga (keskmised).

Märkus. ^[1](Nurme 2017)



Joonis 3.8. 90° all (*rectangular shape*) koormatud V, CCLT- ja GL-seeria paindeelaastsusmoodulid koos 95% usaldusintervalliga (keskmised).

Märkus. ^[1](Nurme 2017)

Katsekehad, mis olid kuuse täispuidust, saadi keskmiseks paindetugevuseks koos usaldusintervalliga $45,92 \pm 17,58$ MPa, kiudude suunaga paralleelselt liimitud seeriade keskmised paindetugevused olid *GL* 01-seerial $53,77 \pm 10,81$ MPa ja *GL* 02-seerial $40,48 \pm 17,58$ MPa. Paremaid tulemusi võrreldes massiivpuiduga ja traditsioonilise liimpuiduga andsid erinevatest puiduliikidest kombineeritud ristlõikega kontsentrilise asetusega liimpuitlatid. Kõige kõrgemad keskmised paindetugevuse näitajad saadi (ristlõikega väljaspool sissepoole: saar, haab, kask, saar) katseseeriatega *CCLT* 03 ($91,27 \pm 4,58$ MPa), mis on ligi kaks korda kõrgem kui *V* 02 ja *GL*-seeriade keskmised paindetugevused kokku. Lisaks on *CCLT*- katseseeriade usaldusintervallid 95% juures väiksemad.

Analoogselt 45° all koormatud katsekehade analüüsile koostakse ka 90° all koormatud katseseeriade omavaheliseks võrdluseks statistiline andmeanalüüs, kus võrreldakse keskmisi paindetugevusi ja paindeelastsusmooduleid *V* 02-, *GL*- ja *CCLT*-seeriade vahel. Kõigepealt tehakse kahe valimi dispersioonide võrdlemiseks *F-Test*, mille tegemiseks valitakse esimeseks valimi plokiks *V* 02- või *GL*-seeria katsekehade keskmised paindetugevused ja teiseks andmete vahemikuks on vastavalt *CCLT*-seeria näitajad. Sama protsessi korratakse elastsusmoodulite omavahelise seose korral. Protseduuriga saadakse ühepoolse võrdlustesti tulemusena olulisuse tõenäosus p , millest sõltub edaspidise funktsiooni (*t-Test*) valik. Erinevate dispersioonide korral ($p < 0,05$) valitakse *t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances* ja kui dispersioonid osutuvad võrdseks siis ($p > 0,05$) *t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*. Funktsioon *t-test* võrdleb valitud seeriade paindetugevuse või paindeelastsusmooduli aritmeetilisi keskväärtusi. Sellega saame kogumite keskväärtuste võrdluseks vajalikud tulemused, mida väljendab olulisuse tõenäosus p (Kiviste 2007: 46–58)

Tabelites 3.8 ja 3.9 on välja toodud statistilise usaldusväarsuse seosed. Antud katse seeriade (*rectangular shape*) võrdlemise puhul on kiudude suunaga paralleelselt liimitud lamellidega (paksus 20 mm) *GL* 02 katsekehade keskmised paindetugevused statistiliselt usaldusväärses seoses kõikide *CCLT*- seeria lattidega. Statistiliselt usaldusväärses seos on ka *V* 02 ning *GL* 01- seeriade ja *CCLT* 03- ning *CCLT* 04-seeriade keskmised paindetugevused. Statistilist ebausaldusväärsust näitab kõige nõrgema keskmise paindetugevusega kombineeritud ristlõikega *CCLT* 02-seeria, mida võrreldes massiivpuidu ja traditsioonilise liimpuiduga, jääb p -väärtus suuremaks kui 0,05. Paindeelastsusmoodulite

omavahelise seose võrdlemisel on kontsentrilise asetusega *CCLT* 03-seeria keskmised tulemused statistiliselt usaldusväärsed kõigi võrdluseks koostatud katsekehade (V 02- ja *GL*-seeriad) keskmiste paindeelastsusmoodulitega. Statistiline ebausaldusväärsus on peamiselt tingitud, kuna kuuse täispuidust katsekehade valmistamiseks kasutati tugevussorteerimata puitu, kus puiduvead ja nende esinemise rohkus mõjutab tugevusomadusi ning seetõttu on usaldusintervallid küllaltki suured.

Tabel 3.8. 90° all (*rectangular shape*) koormatud V 02- *GL*, ja *CCLT*-seeria keskmiste paindetugevuse statistilise usaldusväärsuse seos

	<i>CCLT</i> 02	<i>CCLT</i> 03	<i>CCLT</i> 04
V 02	0,11546940	0,00588378	0,01135870
<i>GL</i> 01	0,18179019	0,00000708	0,00665255
<i>GL</i> 02	0,00937813	0,00045821	0,00104021

Tabel 3.9. 90° all (*rectangular shape*) koormatud V 02- *GL*, ja *CCLT*-seeria keskmiste paindeelastsusmoodulite statistilise usaldusväärsuse seos

	<i>CCLT</i> 02	<i>CCLT</i> 03	<i>CCLT</i> 04
V 02	0,39440468	0,00719593	0,06520646
<i>GL</i> 01	0,41931759	0,00129421	0,00027851
<i>GL</i> 02	0,37136383	0,00492121	0,04839017

Magistritöö raames valmistati igale kontsentrilise asetusega *CCLT*-seeriale viis katsekeha ja kummalegi *GL* seeriale neli kiudude suunaga paralleelsetest lamellidest liimpuitlatti. Edasisteks uuringuteks ja statistiliselt usaldusväärsemate andmete saamiseks on kindlasti vajalik teha rohkemate katsekehade katseseeriaid.

3.2. Survekatsete tulemused ja analüüs

3.2.1. *CCLT*-, *SS*- ning *GL*-seeria survekatse tulemused

Survekatsete koosseisu kuuluvad kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega *CCLT*-seeria, kuuse täispuidust *SS*-seeria ning paralleelselt kiudude suunaga puitlamellidest kokku liimitud *GL*-seeria. Varasemalt valmistatud paindekatsekehadele on saadud vajaliku pikkusega survekatsekehad, mille valikul tuli arvestada paindekatsekehade purunemist. Kõigi seeriade katsekehade pikkused olid 480 mm, ristlõikega 80x80 mm, mis valiti

paindekatskehade tervemast poolest. Erinevatest puiduliikidest kombineeritud liimpuitlattide survekatsete tulemuste võrdelemiseks on koostatud *SS*- ning *GL*-seeria katsekehad.

Kõik survekatsed on läbi viidud Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi universaalse katseseadmega P-125. Paindekatsete puhul on lähtutud standardist (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Katsete läbiviimisel saadi katseseadme poolt tekitatud logifailid, mis hiljem töödeldi läbi kasutades tabelarvutussüsteemi *Microsoft Excel*. Seejärel arvutati välja vastavalt meetodika osas välja toodud valemite järgi iga katsekeha survetugevused ja surveelastsusmoodulid. Kõik survekatse käigus saadud keskmised katse- ja arvutustulemused on kantud survekatsete tabelisse (vt tabel 3.10), kasutades selleks tabelarvutussüsteemi *Microsoft Excel*. Lisas 10 on välja toodud survekatsete kohta tulemuste- ja arvutuste koondtabel. Kõige väiksemad keskmised survetugevused kuulusid *CCLT* 07-ja *GL* 02-seeria katsekehadele (vastavalt 35,80 MPa ja 36,18 MPa). Suurima keskmise survetugevuse saavutas katsekehade seeria *CCLT* 03 (56,27 MPa).

Tabel 3.10. *SS*-, *CCLT*- ja *GL*-seeria survekatse tulemused pikikiudu (keskmised arväärtused)

Katsekeha nimetus	Ristlõike kombinatsioon (lamellide kihid seest välja)	Max jõud (N)	Survetugevus (MPa)	Surveelastsusmoodul (MPa)	Siire max F (mm)	Jäädformatsioon (mm)
<i>SS</i> 01	kuusk	235498	36,80	6623,62	3,52	2,43
<i>CCLT</i> 02	tamm, haab, kask, tamm	307489	48,05	7021,32	6,58	2,38
<i>CCLT</i> 03	saar, haab, kask, saar	360113	56,27	8460,09	5,30	1,72
<i>CCLT</i> 04	kask, haab, must lepp, kask	313233	48,94	7858,36	4,32	1,00
<i>CCLT</i> 05	saar, must lepp, kask, saar	348601	54,47	9166,34	4,85	1,40
<i>CCLT</i> 06	kask, haab, kuusk, kask	287119	44,86	7587,98	3,81	0,86
<i>CCLT</i> 07	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	229147	35,80	6675,90	3,06	0,92
<i>CCLT</i> 08	mänd, haab, must lepp, mänd	325599	50,87	8734,14	3,36	0,76
<i>CCLT</i> 09	haab, haab, haab, haab	287780	44,97	7597,45	3,59	0,84
<i>GL</i> 01	kuusk	244046	38,13	6977,40	3,21	1,03
<i>GL</i> 02	kuusk	231567	36,18	6542,90	3,20	0,78

Peale katsetamist jäädvustati iga katsekeha purunemine. Iga *SS*-, *GL*- ning *CCLT*-seeria katsekehade iseloomulikud purunemispildid on väljatoodud joonistel 3.9, 3.10 ning 3.11.



Joonis 3.9. Purunemispilt SS 01 KK 3-4(1) (G. G. Luhtaru foto 2018).



Joonis 3.10. Purunemispilt CCLT 08 KK 2-2 (K. Peedosaar'e foto 2018).



Joonis 3.11. Purunemispilt GL 01 KK 3-4 (K. Peedosaar'e foto 2018).

Peale katsekehade purustavaid katseid universaalse katseseadmega mõõdeti mõõdulindiga iga katsekeha jäävdeformatsioon. *CCLT*-, *GL*- ning *SS*-seeria paindekatsete koondtabeli põhjal on koostatud tabelarvutussüsteemiga *Microsoft Excel* purunemisgraafikud (lisa 11).

3.2.2. *CCLT*-, *SS*- ja *GL*-seeria pikikiudu survekatsete analüüs

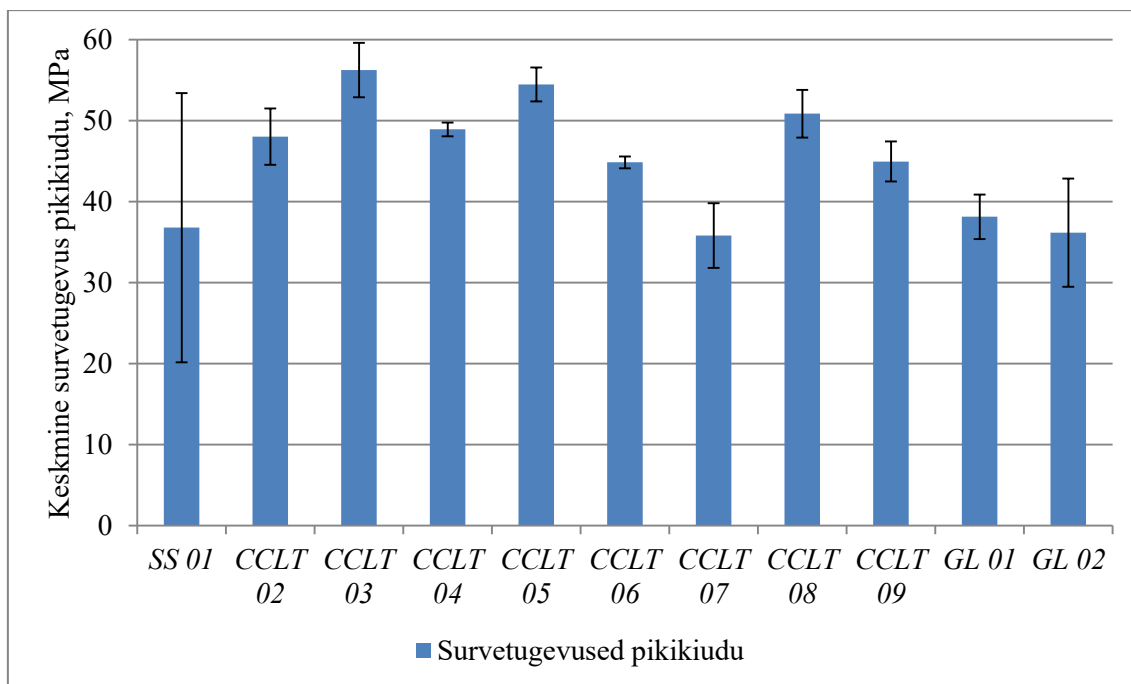
Pikikiudu survekatsete katsekehade tulemusi on töödeldud programmiga *Microsoft Excel*. Analüüsimisel on võrreldud *CCLT*-, *SS*- ning *GL*-seeria katsekehade peamisi pikisurvetugevuse omadusi (vt tabel 3.11). Magistritöö käigus saadud katse- ja arvutustulemuste koontabel on esitatud lisa 10. Katsetulemustest lähtudes saavutati suurimad survetugevused *CCLT* 03-(ristlõike kombinatsiooniga seest väljapoole: saar, haab, kask, saar) ja *CCLT* 05-seeria (ristlõike kihid seest väljapoole: saar, must lepp, kask, saar) katsekehadega, milles mõlema seeria katsekehade sisemised ja välimised kihid olid saarepuidust. Suurimat survetugevust näitas katsekeha *CCLT* 03 KK 1-3 (59,29 MPa). Kontsentrilise asetusega liimpuitlattidest osutusid keskmiselt kõige nõrgemateks *CCLT* 07-seeria katsekehad, mille ristlõike koosnes ainult kuusepuidu lamellidest ja *CCLT* 09-seeria katsekehad kus kõik lamellid olid haavapuidust. Väikseim survetugevuse pikikiudu kuulus katsekehadele *CCLT* 07 KK 1-3(2) (30,56 MPa), millest võib järeldada, et ilma erinevaid puiduliike kombineerimata katsekeha ristlõikes ei anna kontsentriiline lamellide asetis paremaid tugevusomadusi. Peale purustavaid katseid mõõdeti katsekehade jäävdeformatsioonid, kasutades mõõdulinti.

Tabel 3.11. *SS*-, *CCLT*- ja *GL*-seeria survekatse tulemused pikikiudu

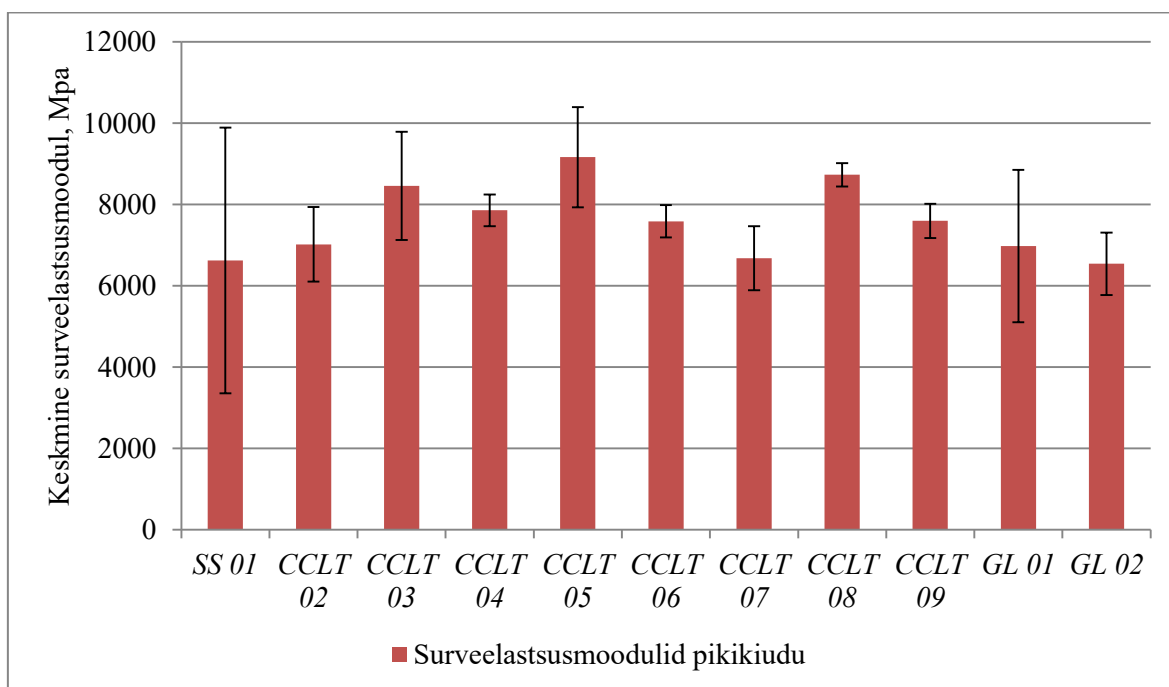
Katsekeha nimetus 1	Ristlõike kombinatsioon (lamelli kihid seest välja) 2	Max jõud (N) 3	Surve- tugevus (MPa) 4	Surveelastsus- moodul (MPa) 5
<i>SS</i> 01 KK 2-4	kuusk	269778	42,15	7310,42
<i>SS</i> 01 KK 3-4 (1)	kuusk	191544	29,93	5292,26
<i>SS</i> 01 KK 3-4 (2)	kuusk	168651	26,35	4686,61
<i>SS</i> 01 KK 4-4	kuusk	312020	48,75	9205,18
<i>CCLT</i> 02 KK 1-3	tamm, haab, kask, tamm	289427	45,22	6385,78
<i>CCLT</i> 02 KK 2-3	tamm, haab, kask, tamm	291169	45,50	6516,56
<i>CCLT</i> 02 KK 3-3	tamm, haab, kask, tamm	305530	47,74	6547,92
<i>CCLT</i> 02 KK 1-2 (1)	tamm, haab, kask, tamm	322054	50,32	7882,76
<i>CCLT</i> 02 KK 1-2 (2)	tamm, haab, kask, tamm	329265	51,45	7773,57
<i>CCLT</i> 03 KK 1-3	saar, haab, kask, saar	379438	59,29	9417,70
<i>CCLT</i> 03 KK 2-3	saar, haab, kask, saar	369403	57,72	7939,27
<i>CCLT</i> 03 KK 3-3	saar, haab, kask, saar	334973	52,34	6826,00

1	2	3	4	5
CCLT 03 KK 1-2	saar, haab, kask, saar	365317	57,08	9188,23
CCLT 03 KK 2-2	saar, haab, kask, saar	351437	54,91	8929,27
CCLT 04 KK 1-3	kask, haab, must lepp, kask	308655	48,227	7777,87
CCLT 04 KK 2-3 (1)	kask, haab, must lepp, kask	309977	48,434	7347,32
CCLT 04 KK 2-3 (2)	kask, haab, must lepp, kask	315745	49,335	7964,47
CCLT 04 KK 1-2	kask, haab, must lepp, kask	319410	49,908	8057,15
CCLT 04 KK 2-2	kask, haab, must lepp, kask	312380	48,809	8127,01
CCLT 05 KK 2-3	saar, must lepp, kask, saar	356124	55,64	8216,17
CCLT 05 KK 2-3 (1)	saar, must lepp, kask, saar	347651	54,32	9612,94
CCLT 05 KK 2-3 (2)	saar, must lepp, kask, saar	360270	56,29	10683,93
CCLT 05 KK 1-2 (1)	saar, must lepp, kask, saar	346690	54,17	8536,35
CCLT 05 KK 1-2 (2)	saar, must lepp, kask, saar	332269	51,92	8782,32
CCLT 06 KK 1-3	kask, haab, kuusk, kask	281014	43,91	7094,86
CCLT 06 KK 2-3 (1)	kask, haab, kuusk, kask	286002	44,69	7566,93
CCLT 06 KK 2-3 (2)	kask, haab, kuusk, kask	288946	45,15	7603,16
CCLT 06 KK 2-2 (1)	kask, haab, kuusk, kask	289006	45,16	7694,95
CCLT 06 KK 2-2 (2)	kask, haab, kuusk, kask	290628	45,41	7979,99
CCLT 07 KK 1-3 (1)	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	246104	38,45	6980,18
CCLT 07 KK 1-3 (2)	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	195570	30,56	5677,37
CCLT 07 KK 2-3	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	223391	34,90	6855,00
CCLT 07 KK 1-2 (1)	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	241116	37,67	6513,14
CCLT 07 KK 1-2 (2)	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	239554	37,43	7353,81
CCLT 08 KK 1-3 (1)	mänd, haab, must lepp, mänd	335454	52,41	8593,53
CCLT 08 KK 1-3 (2)	mänd, haab, must lepp, mänd	341162	53,31	8638,01
CCLT 08 KK 2-3	mänd, haab, must lepp, mänd	301805	47,16	8590,63
CCLT 08 KK 1-2	mänd, haab, must lepp, mänd	321754	50,27	8709,73
CCLT 08 KK 2-2	mänd, haab, must lepp, mänd	327823	51,22	9138,78
CCLT 09 KK 2-3	haab, haab, haab, haab	277469	43,35	7681,63
CCLT 09 KK 3-3 (1)	haab, haab, haab, haab	300783	47,00	7917,22
CCLT 09 KK 3-3 (2)	haab, haab, haab, haab	277289	43,33	7276,55
CCLT 09 KK 1-2 (1)	haab, haab, haab, haab	280954	43,90	7210,51
CCLT 09 KK 1-2 (2)	haab, haab, haab, haab	302406	47,25	7901,32
GL 01 KK 1-4	kuusk	232344	36,30	5922,18
GL 01 KK 2-4	kuusk	258121	40,33	6977,71
GL 01 KK 3-4	kuusk	238953	37,34	6390,31
GL 01 KK 4-4	kuusk	246765	38,56	8619,39
GL 02 KK 1-4	kuusk	265091	41,42	7083,29
GL 02 KK 2-4	kuusk	237691	37,14	6235,70
GL 02 KK 3-4	kuusk	222089	34,70	6050,76
GL 02 KK 4-4	kuusk	201399	31,47	6801,84

Pikikiudu survekatsete keskmistest survetugevustest ja surveelastsusmoodulitest on koostatud programmiga *MS Excel* tulpdiagrammid (vt joonis 3.12 ja joonis 3.13). Sarnaselt paindekatsete tulemuste analüüsile on ka survekatsete tulpdiagrammidele lisatud 95% usaldusintervallid.



Joonis 3.12. Pikikiudu survekatsete survetugevused koos 95% usaldusintervalliga (keskmised).



Joonis 3.13. Pikikiudu survekatsete surveelastsusmoodulid koos 95% usaldusintervalliga (keskmised).

SS-seeria täispuidust katsekehade keskmiseks survetugevuseks koos usaldusintervalliga on saadud $36,80 \pm 16,64$ MPa. Kõige suurema keskmise survetugevuse moodustasid

kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega liimpuitlatid, mis kuulusid *CCLT* 03-seeria katsekehade hulka ($56,27 \pm 3,35$ MPa). Keskmiselt suurimat surveelastsusmoodulit näitasid katsekehade seeria *CCLT* 05 ($9166,34 \pm 1233,83$ MPa) ning kõige väiksema keskmise tulemuse andis *GL* 02-seeria ($6542,90 \pm 766,24$ MPa).

Sarnaselt paindekatsete statistilise andmeanalüüsile, koostatakse ka survekatsetulemustele nii survetugevuste kui ka surveelastsusmoodulite hindamiseks kahe valimi dispersioonide *F-test*. Testi tegemiseks valitakse esimeseks valimi andmete plokiks esimesel juhul *SS*-seeria katsekehade keskmised survetugevused ja teiseks valmiks on vastavalt igal korral *CCLT*-seeria survetugevused. Teisel juhul valitakse esimeseks valimi andmete plokiks *GL* 01-seeria katsekehade keskmised survetugevused võrreldes neid *CCLT*-seeria survetugevustega. Kolmandal juhul valitakse esimeseks valimi andmete plokiks *GL* 02-seeria keskmised survetugevused, võrreldes neid samuti *CCLT*-seeria survetugevustega. Sama protsessi korratakse surveelastsusmoodulite omavahelise seose korral. Protseduuriga saadakse ühepoolse võrdlustesti tulemusena olulisuse tõenäosus p , millest sõltub edaspidise funktsiooni (*t-Test*) valik. Dispersioonide erinevuse korral ($p < 0,05$) valitakse *t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances* ja võrdsete dispersioonide korral ($p > 0,05$) *t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*. Funktsioon *t-test* võrdleb *SS*- ja *CCLT*-seeria paindetugevuse või paindeelastsusmooduli aritmeetilisi keskväärtusi. Sellega saame kogumite keskväärtuste võrdlustesti tulemused, mida väljendab olulisuse tõenäosus p . (Kiviste 2007: 46–58)

Tabelis 3.12 on välja toodud pikikiudu survekatsete keskmiste survetugevuste statistilise usaldusväärsuse seosed. *SS*-, *GL*-ja *CCLT*-seeria vahelise keskmiste survetugevuste seose võrdlemiseks kasutati *t-Test*'i (Kiviste 2007: 57). Funktsiooni abil saadi p -väärtus, mis näitab kahe tunnuse erinevuse vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$, siis loetakse tunnuste vahelist seost statistiliselt oluliseks ehk usaldusväärseks) (Kiviste 2007: 57). *CCLT*-ja *SS*-seeria survetugevuste võrdluse puhul võib pidada omavahel statistiliselt usaldusväärseks *CCLT* 03; 05; 08 ja 09-seeriade katsetulemusi, *CCLT* 02 ja 04-seeria survekatse tulemusi võib samuti pidada usaldusväärseteks, kuna statistilise olulisuse suurus on ligikaudu võrdne 0,05-ga ning vähendades usalduspiiri 90%-ni on on kahe tunnuse vahel usaldusväärsus oluline. *CCLT* 06 ja 07-seeria survetugevuse puhul pole usaldusväärsus väljendatud, kuna statistilise olulise suurus on oluliselt suurem kui 0,05. Võrreldes *CCLT*-ja *GL* 01-seeria survetugevuse statistilist seost, võib väita, et kõik survekatsete tulemused,

välja arvatud *CCLT* 07-seeria omad, on statistiliselt usaldusväärsed. *CCLT* 07-seeria tulemuste usaldusväärsus pole väljendatud, kuna statistilise olulisuse suurus on suurem kui 0,05. Kolmandal juhul on võrreldavateks valmitedeks *CCLT*-ja *GL* 02- seeria keskmised survetugevused. Ka antud juhul on tulemused statistiliselt usaldusväärsed kõikide katsete puhul, välja arvatud *CCLT* 07-seeria survetugevused, kuna statistilise olulisuse suurus on suurem kui 0,05.

Tabel 3.12. Pikikiudu survekatsete keskmiste survetugevuste statistilise usaldusväärsuse seos

	<i>CCLT</i> 02	<i>CCLT</i> 03	<i>CCLT</i> 04	<i>CCLT</i> 05
SS 01	0,0637232	0,0180060	0,0515625	0,0220919
GL 01	0,0002320	0,0000040	0,0000019	0,0000010
GL 02	0,0006979	0,0000256	0,0045903	0,0000212
	<i>CCLT</i> 06	<i>CCLT</i> 07	<i>CCLT</i> 08	<i>CCLT</i> 09
SS 01	0,1104858	0,4332264	0,0388553	0,1105230
GL 01	0,0008748	0,1186620	0,0000222	0,0004957
GL 02	0,0130704	0,4411164	0,0001419	0,0020573

Tabelis 3.13 on välja toodud pikikiudu survekatsete keskmiste surveelastsusmoodulite statistilise usaldusväärsuse seosed. *SS*-, *GL*-ja *CCLT*-seeria vahelise keskmiste surveelastsusmoodulite seose võrdlemiseks kasutati *t-Test*'i (Kiviste 2007: 57). Funktsiooni abil saadi *p*-väärtus, mis näitab kahe tunnuse erinevuse vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$, siis loetakse tunnuste vahelist seost statistiliselt oluliseks ehk usaldusväärseks) (Kiviste 2007: 57). Keskmiste surveelastsusmoodulite võrdlusel *SS*-ja *CCLT*-seeria puhul võib statistiliselt usaldusväärsseteks pidada *CCLT* 05 surveelastsusmoodulite keskmiseid tulemusi. Samuti võib usaldusväärsseteks pidada ka *CCLT* 03 ja 04- seeria keskmiseid surveelastsusmoodulite väärtuseid, kuna statistilise olulisuse suurus on ligikaudu 0,05. Teiste (*CCLT* 02; 04; 06; 07 ja 09) surveelastsusmoodulite tulemuste puhul pole usaldusväärsus väljendatud, kuna statistilise usalduse suurus on oluliselt 0,05-st suurem. *CCLT*-ja *GL* 01- seeria surveelastsusmoodulitel on usaldusväärsseteks *CCLT*-03; 05 ja 08-seeria tulemused. Ülejäänud keskmiste surveelastsusmoodulite puhul ei ole statistiline usaldus väljendunud, kuna ka seekord statistilise olulisuse suurus on oluliselt suurem kui 0,05. Võrreldes *GL* 02-ning *CCLT*-seeria surveelastsusmoodulite omavahelist seost selgub, et usaldusväärsseteks võib pidada *CCLT* 03;04;05;06;08 ja 09-seeria tulemusi, kuna statistilise usalduse suurus on väiksem

0,05-st. CCLT 02 ja 07- seeria puhul on statistilise usalduse suurus oluliselt suurem kui 0,05 ning seetõttu pole usaldusväärsus nende tulemuste vahel väljendatud.

Tabel 3.13. Pikikiudu survekatsete keskmiste surveelastsusmoodulite statistilise usaldusväärsuse seos

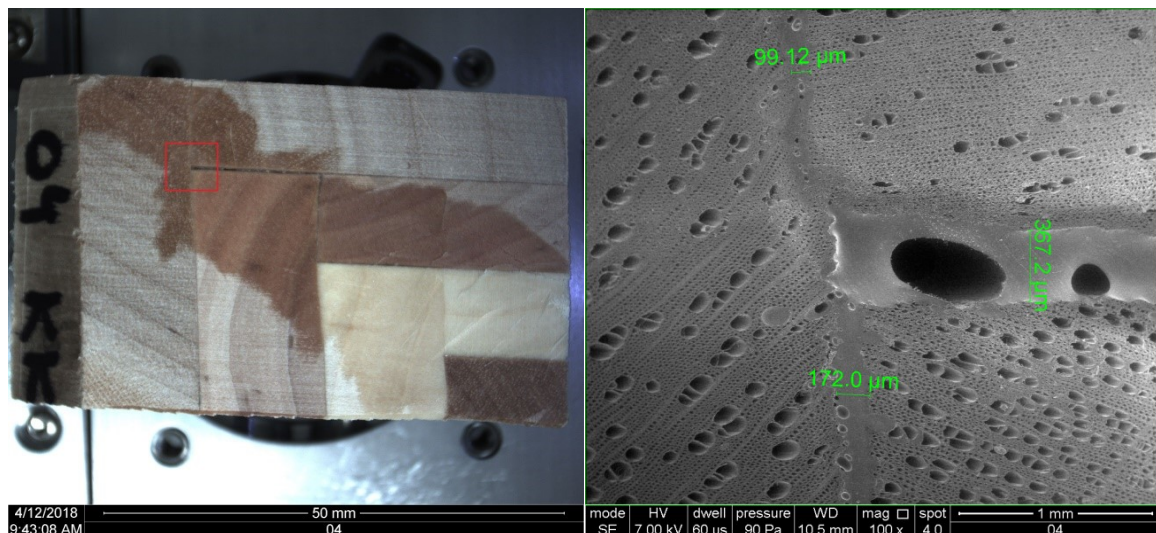
	<i>CCLT 02</i>	<i>CCLT 03</i>	<i>CCLT 04</i>	<i>CCLT 05</i>
SS 01	0,3655782	0,0624341	0,1596626	0,0217115
GL 01	0,4735484	0,0443878	0,1596626	0,0095211
GL 02	0,1517054	0,0067145	0,0008179	0,0009823
	<i>CCLT 06</i>	<i>CCLT 07</i>	<i>CCLT 08</i>	<i>CCLT 09</i>
SS 01	0,2105091	0,4819756	0,0667418	0,2087134
GL 01	0,1937761	0,3177518	0,0302396	0,1912335
GL 02	0,0028677	0,3698863	0,0000204	0,0030326

Pikikiudu survekatsete puhul koostati kokku 52 katsekeha, millest *CCLT*-seeria katsekehade hulka kuulus 40 katsekeha. *GL*-seeria hulka kuulus kaheksa ning *SS*-seeriasse kokku neli katsekeha. Tulemuste usaldusväärsuse suuremaks tagamiseks tuleks sooritada rohkem katseid kõikide katseseeriade puhul.

3.3. Elektronmikroskoobiga uuritud katsekehade tulemused ja analüüs

Elektronmikroskoobi abil on võimalik vaadelda puitmaterjali anatoomiat ja näha okaspuidu puhul trahheite (moodustavad kuni 95% põhimassist), mis annavad puidule mehaanilise tugevuse ning lisaks toimub seal ka kasvava puu mahlade vool (Saarman, Veibri 2006: 45). Lehtpuidust lamelle uurides võimaldas elektronmikroskoop näha trahheerakke, mis koosnevad pikkadest tugikudedest, kus toimub juhtkoe vedelike liikumine (Saarman, Veibri 2006: 46).

Elektronmikroskoobiga on uuritud eelnevalt paindekateses kasutatud katsekehasid, millest lõigati välja 20 mm paksused lamellid 45 kraadi nurga all liimi kihi ja puidu süü valdava suuna suhtes. Uuritud on *CCLT*- seeria lattide erinevatest puiduliikidest lamellide omavahelist liimühendust (vt joonis 3.14) ning võimalikke puidurikkeid, mis võisid puitlamellide valmistamisel tekkida. (Teppand *et al.* 2018)



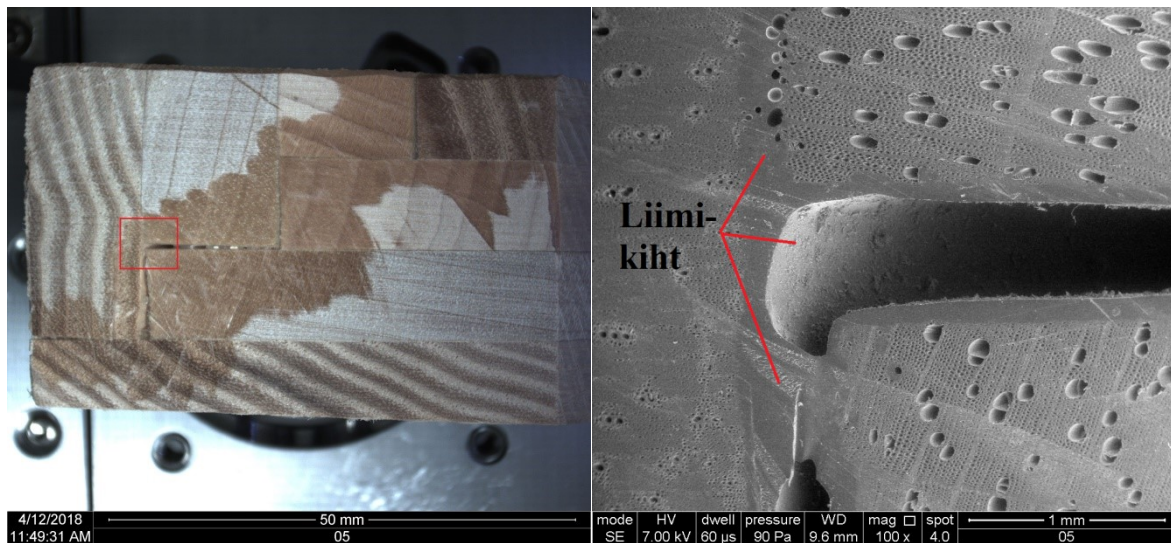
Joonis 3.14. CCLT 04-seeria katsekeha uurimine elektronmikroskoobiga: a – CCLT 04-seeria katsekeha; b – musta lepa ja kasepuidust lamellide omavaheline liimühendus suurendatult (Teppand *et al.* 2018).

Märkus. Punane ruut tähistab suurendatud piirkonda katsekeha ristlõikes, mis on välja toodud parempoolsel joonisel.

Joonisel 3.14b on välja toodud musta lepa- ning kasepuidu lamellide omavahelisel liimimisel tekkinud probleem, milleks on liimi sisse jäänud tühimikud. Antud probleem on tingitud liimikihi viskoossusest, kuna liimitavad lamellid olid suhteliselt madala niiskussisaldusega, siis puiduliimi koostises olev vesi imendus lamellide struktuuri ning liim muutus sellega paksemaks, muutes sellega liimühenduse nõrgemaks. Lisaks mõjutas seda ka lamellide ebapiisav puhtus, mille tõttu on tolmuosakesed liimi pintseldamisel lamellidele moodustanud avad ning seetõttu pole lamellid omavahel täielikult seotud, jättes kahe lamelli vahelisse liimühendusse nõrgestavad tühimikud. Samuti pole suudetud tagada ühtlast liimikihi paksust lamellide omavaheliseks liimimiseks, mis antud näite puhul jäi vahemikku ca 99,12...367,20 μm .

Kõige suurema keskmise paindetugevusega CCLT 05- seeria katsekeha ristlõike pildid on välja toodud joonisel 3.15. Kuna kõik katsekehad on valmistatud käsitsi, siis esineb katsekehadel nii inimfaktorist kui ka puidutöötlemisseadmetest tulenevaid ebatäpsusi. Joonisel 3.15 on välja toodud saare- ning musta lepa lamellide ebapiisav omavaheline liimühendus, mille tõttu on jäänud kahe lamelli vahele tühimik. Samuti on ka antud lamellide vahelisel liimikihil näha tolmuosakeste kontsentreerumist, mis võib vähendada

liimi nakkumist puitlamellidele ning sellest tulenevalt vähendada tervikliku katsekeha tugevusomadusi.



Joonis 3.15. CCLT 05-seeria katsekeha uurimine elektronmikroskoobiga: a – CCLT 05-seeria katsekeha; b – saare ja musta lepa lamellide omavaheline liimühendus suurendatult (Teppand *et al.* 2018).

Märkus. Punane ruut tähistab suurendatud piirkonda katsekeha ristlõikes, mis on välja toodud parempoolsel joonisel.

Erinevate kombinatsioonidega ristlõigete uurimisel elektronmikroskoobiga selgus, et pehmemate puiduliikide puhul toimus liimimisprotsessi käigus, kus rakendati katsekehadele ca $0,70...0,73 \text{ N/mm}^2$ koormust, rakustruktuuri osaline purunemine ning deformeerumine liimikihi läheduses. Kuna ristlõiked on moodustatud erineva tihedusega ning erinevate puiduliikidega lamellidest, siis on keeruline määrata katsekehadele rakendatavat jaotatud koormust liimimise ajal, mis oleks sobilik kõikide puiduliikide puhul.

KOKKUVÕTE

Antud magistritöös on käsitletud kontsentrilise asetusega ning erinevatest puiduliikidest kombineeritud ristlõikega liimpuitlatte, mille eesmärgiks on arendada ning lihtsustada puitvõrkkoorikute ehitust ning samas ka laiemalt varraskonstruksioonides, kus samaaegselt võivad eksisteerida erinevad sisejõud. Tänu puitmaterjali töötlemisel kasutatavatele tehnoloogiliste uuendustele (CNC-töötlemiskeskused) on lihtsustatud uudsete materjalide valmistamine, milleks võiks olla ka kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega liimpuitlatid.

Magistritöö raames kasutati katsekehade (kontsentrilise asetusega nihutamata lamellidest liimpuitlatid) valmistamisel nii leht- kui ka okaspuitu. Kasutatud on järgmiseid puiduliike: kuusk, mänd, saar, tamm, kask, must lepp ning haab. Võrdlusena aastal 2017 koostatud magistritööga (autor Peep Nurme) valmistati lisaks ka kolm uue ristlõike kombinatsiooniga kontsentrilise asetusega liimpuitlatti: *CCLT* 07 (lamellid ainult kuusepuidust), *CCLT* 08 (lamellikihid seest väljapoole: mänd, must lepp, haab, mänd), *CCLT* 09 (lamellid ainult haavapuidust) ning kõikide sarnaste ristlõigetega katsekehade paindekatsete koormamise asetust on muudetud (eelnevalt koormatud 45° nurga all asetust on muudetud 90° nurga alla ja vastupidi).

Kasutatud on tugevussorteerimata ning servamata puitmaterjali, mida töödeldi puidutöötlemisseadmetega vajaminevateks mõõtmeteks, milleks on 20x20; 10x30; 10x50 ning 10x70 mm, mis hiljem liimiti kaheksa erineva ristlõikekombinatsioonina kokku. Puitlamellide omavaheliseks kokku liimimiseks on kasutatud rakiseid, mille abil võimaldati surve ühtlane jaotus kogu katsekeha ulatuses.

CCLT-seeria katsekehade puhul liimiti 13 puitlamelli omavahel kontsentrilises asetuses neljas kihis kokku. Katsekehadele rakendati liimimise ajal, kestvusega 30 minutit, koormus ca $0,7...0,73 \text{ N/mm}^2$. Võrdluseks kombineeritud ristlõikega katsekehadele valmistati *GL*-seeria katsekehad, mis valmistati üksteise peale puidukiududega paralleelselt asetatud puitlamellidest ning täispuidust *SS*-seeria katsekehad, mis koosnesid kuusest, ristlõike mõõtmetega 80x80 mm. *GL* 01-seeria puhul liimiti omavahel kokku neli lamelli

mõõtmetega 20x80 mm ning *GL* 02-seeria puhul kaheksa lamelli mõõtmetega 10x80 mm. Kõikide katsekehade valmistamisel on kasutatud niiskuskindlat puiduliimi Eskaro B3.

Katsekehade tugevusomadusi kontrolliti painde- ning survekatsetega. Paindekatsete puhul jagati katsekehad koormamise nurga järgi kahte gruppi 45° (*diamond shape*) ning 90° (*rectangular shape*), mis tulenes puitvõrkkooriku ehituslikust iseärasusest, kus lattidele rakenduvad samaaegselt erinevad sisejõud (nt paine kahes risti asetsevas suunas). Survekatsete puhul koormati kõiki katsekehi pikikiudu.

Pärast katsetulemuste analüüsimist ning töötlemist tabelarvutussüsteemis *Microsoft Excel* koostati vajalikud graafikud ning koondtabelid omavahel võrreldavatest katsete tulemustest. Lisaks teostati ka andmete vaheline statistiline analüüs, mille eesmärgiks oli leida statistiline seos *CCLT*- seeriade vahel *SS*- või *GL*-seeria katsekehadega.

45° all (*diamond shape*) koormatud paindekatsetulemustest lähtudes võib väita, et *CCLT*- (ristlõikekombinatsioonidega 05; 06; 07; 08 ning 09) kui ka *SS*-seeria katsekehad, olid kontsentrilise asetuse ning kombineeritud ristlõikega katsekehade keskmised paindetugevused olid suuremad kui massiivpuidust katsekehade paindetugevused, seega on kontsentrilise asetusega ning kombineeritud ristlõikega katsekehad tugevamad kui massiivpuit. Kõige suurem keskmine paindetugevus saadi *CCLT* 05-seeria (lamelli kihid seest väljapoole: saar, must lepp, kask, saar) katsekehadel (108,10 MPa) ning kõige väiksem keskmine paindetugevus kuuse massiivpuidust *SS*-seeria katsekehadel (46,58 MPa). Parema võrdluse tagamiseks koostati kontsentrilise asetusega katsekehasid, mis koosnesid ainult ühest puiduliigist lamellidest, milleks oli haava lamellidest katsekehad (*CCLT* 09 keskmise paindetugevusega 73,055 MPa) ning kuuse lamellidest latid (*CCLT* 07 keskmise paindetugevusega 60,312 MPa). Antud tulemuste põhjal võib järeldada, et ka lamellide asetuse kontsentriselt tagab suurema paindetugevuse kui tavalisel kuuse massiivpuidust katsekehal.

90° all (*rectangular shape*) koormatud katsekehade puhul võrreldi omavahel *CCLT*- (ristlõikekombinatsioonidega 02; 03 ja 04) ning *GL*- (kombinatsioonidega 01 ja 02) seeria katsekehasid. Tulemustest järeldades võib öelda, et kontsentriselt kombineeritud ristlõikega katsekehad olid 90° nurga all koormust rakendades tugevamad kui *GL*-seeria katsekehad. Antud katsekehadest kõige suurema keskmise paindetugevuse andis *CCLT* 03-

seeria (lamelli kihid seest väljapoole: saar, haab, kask, saar) katsekehad (91,28 MPa) ning kõige väiksem keskmine paindetugevus kuulus *GL* 02-seeria katsekehadele (43,74 MPa).

Survekatsete puhul võrreldi kõiki (*CCLT*, *SS* ning *GL*) katsekehasid, millest saavutas suurima keskmise survetugevuse *CCLT* 03-seeria katsekehad (55,51 MPa) ning kõige väiksem keskmine survetugevus kuulus kaheksa kuuse lamelliga seeriale *GL* 02 (36,18 MPa) ja nelja kuusepuidust lamelliga *GL* 01 seerial 38,13 MPa. Antud tulemuste põhjal võib järeldada, et kõik kontsentrilise asetusega lamellidega katsekehad olid tugevamad kui *SS*- või *GL*- seeria katsekehad.

Erinevate ristlõikekombinatsioonide uurimisel elektronmikroskoobiga selgus, et pehmemate puiduliikide puhul toimus liimimisprotsessi käigus rakustruktuuri osaline purunemine ning deformeerumine liimikihi läheduses. Kuna ristlõiked on moodustatud erineva tihedusega ning erinevate puiduliikidega lamellidest, siis on keeruline määrata katsekehadele rakendatavat jaotatud koormust liimimise ajal, mis oleks sobilik kõikide puiduliikide puhul. Kuna kõik katsekehad on valmistatud käsitsi, siis esineb katsekehadel nii inimfaktorist kui ka puidutöötlemisest tulenevaid ebatäpsusi.

Antud magistritöö raames projekteeriti nihutatud lamellidega kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega (*eng. Concentrically Compositely Shifted Laminated Timber*) katsekehade valmistamise jaoks uus rakis, kasutades *Rhinoceros 5* 3D-modelleerimise tarkvara, mida kahjuks ei jõutud ajalise piirangu tõttu veel kasutada, kuid mille abil on võimalik teha ka katseid liimpuitlattide omavahelise tappühenduse jaoks (ühenduse pikkuseks 1050 mm). 2017 aasta nihutatud lamellidega katsekehade pikisuunaline tappühendus oli 270 mm. Magistritöö raames saadud katsete tulemused näitavad, et antud materjalil on väga head tugevus- ning elastsusomadused, mis oleks sobilikud koorikkonstruktsioonide ehitusel. Kuna teema on endiselt uus, siis vajab see veel edasisi uuringuid, et leida kõige optimaalsemad ristlõikekombinatsioonid, mida tulevikus koorikkonstruktsioonide püstitamisel kasutada.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Allikas, L.** (1985). Puit- ja plastmasskonstruktsioonid. Tallinn: Valgus. 360 lk.
- Brandner, R.** (2014). Production an Technology of Cross Laminated Timber (CLT): State-of-the-Art Report – *European Conference on Cross Laminated Timber (CLT). Focus Solid Timber Soultions.* /Eds. R. Harris, A. Ringhofer, G. Schickhofer), Graz University of Technology, Austria. 2nd Editon, pp. 3–36.
- Buro Happold Engineering.** (International, Integrated Engineering Consultancy Operating). The Weald and Downland Gridshell. [veebileht] <https://www.burohappold.com/projects/weald-downland-gridshell/> (10.05.2018)
- Bulenda, Th., Knippers, J.** (2001). Stability of grid shells. – *Computers & Structures.* /Eds. Bathe, K. J., Topping, B. H. V. Vol. 79, pp. 1161-1174.
- Colling, F.** (1995) Glued laminated Timber - Production and strength classes – *Timber Engineering STEP 1 Basic of design, material properties, structural components and joints.* /Eds. Blass, H J; Aune, P *et al.* ISBN: 90-5645-001-8. Almere: Centrum Hout, pp A8/1-A8/8.
- Douthe, C., Caron ,J.F., Baverel, O.** (2010). Gridshell structures in glass fiber reinforced polymers. – *Construction and Building Materials.* /Eds. Forde, M. C. Vol. 24, pp. 1580-1589.
- Ehituspuit.** (2016) Tugevusklassid. Eesti Standard EVS-EN 338: 2016. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-338-2016> (11.05.2018).
- Happold, E., Liddell, W., I.** (1975). Timber lattice roof for the Mannheim Bundesgartenschau. – *Structal Engineering.* Vol 53, Issue 3, pp 99 – 135.
- Harris, R., Kelly, O., Dickson, M.** (2003). Downland gridshell - An innovation in timber design. /*Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering,* pp. 156: 26-33. **Naicu, D-I.** (2012). Geometry and Performance of Timber Gridshell. At thesis submitted for the degree of Master of Philosophy. The University of Bath Department of Architecture and Civil Engineering. Bath. pp 97.
- Herzog, T., Natterer, J., Schweitzer, R.** (2004). Timber Construction Manual. Basel: Birkhäuser Verlag AG. 375 lk.
- Kiviste, A.** (2007). Matemaatiline statistika *MS Exceli* keskkonnas. Tartu: Greif, 86 lk.
- Lee, S. J., Reddy, J. N.** (2004). Vibration suppression of laminated shell structures investigated using higher order shear deformation theory – *Smart Materials and Structures.* /Ed- Lynch, C. S. IOP Publishing Ltd. Vol 13, nr 5, pp 1176 – 1194.
- Lehringer, C., Gabriel, J.** (2014). Review of recent Research Activities on One-Component PUR-Adhesives for Engineered Wood Products – *Materials and Joints in Timber Structures. Part*

- III: Glued Joints and Adhesives.* /Eds. Aicher, S., Reinhardt, H.-W., Garrecht, H. RILEM Bookseries. Holland: Springer, pp 325-420.
- Lidell, I.** (2015). Frei Otto and the development of gridshells. – *Case Studies in Structural Engineering.* /Ed. Kayvani, K. United Kingdom: CrossMark. Vol. 4, pp. 39-49.
- Malek S. R.** 2012 The Effect of Geometry and Topology on the Mechanics of Grid Shells. Doctor of Philosophy. Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Civil and Environmental Engineering. Cambridge. 131 lk.
- Moody, R.C., Hernandez, R.** (1997). Glued-Laminated Timber. – *Engineered wood products-A guide for specifiers, designers and users.* /Ed. Smulski, S. ISBN.096556736-0-X. Madison: PFS Research Foundation. Chapter 1, pp. 1-1 – 1-39.
- Naicu, D-I.** (2012). Geometry and Performance of Timber Gridshell. At thesis submitted for the degree of Master of Philosophy. The University of Bath Department of Architecture and Civil Engineering. Bath. pp 97.
- Naicu, D., Harris, R., Williams, C.** (2014). Timber Gridshells: Design Methods and Their Application to a Temporary Pavilion. – World Conference on Timber Engineering (WCTE). University of Bath, United Kingdom.
- Nurme, P.** 2017. Erinevatest puiduliikidest liimpuitlattide tugevuskatsed ja nendest monteeritava võrkkooriku modelleerimine. Magistritöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 115 lk.
- Ong, C.B.** (2015). Glue-laminated Timber (Glulam). – *Wood Composite. Part Two: Wood Composites and their applications.* /Ed Ansell, M. P. Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering. Cambridge: Elsevier Science, pp 123-140. [on-line] ebrary (17.04.2018).
- Poirier, E., Moudgil, M., Fallahi, A., Staub-French, S., Tannert, T.** (2016). Design and Construction of a 53-meter-tall Timber Building at the University of British Columbia. – World Conference on Timber Engineering (WCTE). Vienna, Austria.
- Porteous J., Kermani A.** (2013). Structural Timber Design to Eurocode 5 2nd edition. West Sussex: Blackwell Publishing Ltd.
- Puitkonstruktsioonid. (2012) Ehituspuit ja liimpuit. Mõnede füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste määramine: Eesti standard EVS-EN 408: 2010+A1: 2012. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-408-2010+a1-2012> (19.04.2018).
- Puitkonstruktsioonid. (2013) Laudliimpuit ja plankliimpuit. Nõuded: Eesti standard EVS-EN 14080:2013. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-14080-2013> (19.04.2018).
- Rammar, D. R., Moura, J.de M., Ross, R. J.** (2014). Structural Evaluation of the Second Oldest Glued-Laminated Structure in the United States. – Structures Congress 2014 (ASCE 2014).

- (Eds. Bell, G.R., Card, M.A., Matt, A. *et al.*), Boston, Massachusetts, United States, pp 1233-1243.
- Rhinoceros®. (2015). (Modelling Tools for Designers). Rhinoceros v5.0, Level 2, Training Manual. [veebileht] <https://www.rhino3d.com/download/rhino/5.0/Rhino5Level2Training/> (18.04.2018)
- Riberholt, H.** (2007). Performance of old glulam structures in Europe. Danmarks Tekniske Universitet Rapport. ISBN 97887788772527. [veebileht] http://www.byg.dtu.dk/~media/Institutter/Byg/publikationer/byg_rapporter/byg_r177.ashx?la=da (23.04.2018)
- Rohusaar, J., Mägi, R., Masso, T., Talvik, I., Jaaniso, V., Otsmaa, V., Voltri, V., Loorits, K., Peipmann, T., Pukk, O., Õiger, K., Just, E., Just, A., Hartšuk, V.** (2012). Ehituskonstruktori käsiraamat. (3. parandatud ja täiendatud trükk). Tallinn: Ehitame. 577 lk.
- Saarman, E., Veibri, U.** (2006). Puiduteadus. Tartu: Vali Press OÜ. 560 lk.
- Siikanen, U.** (2012). Puidust ehitamine. Tallinn: Ehitame. 345 lk.
- Stokes, D. J.** (2008). Principles and Practice of Variable Pressure Environmental Scanning Electron Microscopy (VP-ESEM). Chichester: Wiley. pp 221.
- Stadt Mannheim.** (e.V.). Project. [veebileht] <http://mannheim-multihalle.de/en/project/> (27.04.2018)
- Stark, N.M., Cai, Z., Carll, C.** (2010). Wood-Based Composite Materials Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials. – *Wood Handbook–Wood as an Engineering Material*. /Ed. Ross, R. J. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter 11, pp 11-1 – 11-28. [on-line] ebrary (12.04.2018).
- Teppand, T., Buchner, J., Irle, M.** (2018). Test Report. CCLT Tests Under Electronic Microscope. Estonian University of Life Sciences / Ecole Supérieure du Bois. Tartu / Nantes.
- Terastoodete määratlus. (2008). Eesti Standard EVS-EN 10079: 2008. Tallinn: Eesti Standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-10079-2008> (18.04.2018).
- Tärno, Ü.** (2000). Plaadi- ja koorikumehaanika. Tallinn: TTÜ Kirjastus. 137 lk.

LISAD

Lisa 1. Eskaro B3 niiskuskindla puiduliimi tehniline leht



B3 Niiskuskindel Puiduliim

Niiskuskindel liim puitpindadele

- ✓ Sobib mööbli liimimiseks



Kirjeldus	
Omadused	<p>Niiskuskindel ühekomponentne vesialuseline puiduliim sise ja välisöödeks.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Liim on valge, kuivades muutub läbipaistvaks ✓ Kiire esialgne kokkuliimimisvõime ✓ Moodustab elastse niiskuskindla liimivuugi ✓ Sobib hästi mööbli liimimiseks – liimivuuk on tugev ja talub hästi dünaamilist koormust ✓ Kuivanud liim talub hästi nii madalat kui kõrget temperatuuri -30°C kuni +80°C <p>Niiskuskindlus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vastab D3 niiskuskindlusklassile standardi EN 204 järgi
Kasutusala	Kõigist puidust pindade liimimiseks, kuivades ja niisketes ruumides. Sise- ja välisöödeks.
Kasutuskohad	Aknad, uksed, mööbel (köögi-, aia-, vannitoa jm. mööbel), naturaalpuidust klipparkett, laminaat, parkett, jm puitesemed. Ei sobi veega pidevas kontaktis olevate pindade liimimiseks.
Kvaliteedi standardid	<ul style="list-style-type: none"> ✓ EN 204 – termoplastiliste puiduliimide klassifikatsiooni standard. ✓ toodete ja teenuste kvaliteet on tagatud ISO 9001 standardile vastava kvaliteedijuhtimise süsteemiga.
Tehnilised omadused	
Pinna ettevalmistus	Liimitav pind peab olema kuiv, puhastatud tolmust, rasvast, õlist, vahast jm. mustusest ning kooruvatest elementidest. Tugevalt läikivad pinnad lihvida matistumiseni, tolm hoolikalt eemaldada. Töö teostamiseks sobiv materjali-, liimi- ja õhutemperatuur +15...+20°C ja suhteline õhuniiskuse 50...70%. Liimitava materjali niiskussisaldus peab jääma vahemikku 7...12%. Liimimine liiga madalal või liiga kõrge temperatuuril halvendab liimi nakkevõimet ja tugevust. Liimides kuumaga on soovitatav liimiga katta korraga väikesed pinnad et vähendada riski liimi kiireks kuivamiseks ja nakkevõime halvenemiseks.
Liimimine	<p>Enne kasutamist liimi hoolikalt segada. Liim kanda ühtlase kihina ühele liimitavatest pindadest pintsli, rulli, liimilabidaga. Pehmele puiduliimidele puhul kanda paksem liimikiht ja kõvade puiduliimide puhul õhem liimikiht. Liimides imavaid pindu on soovitatav liimi kanda mõlemale liimitavale pinnale. Liimitavad pinnad kokku suruda ja hiljemalt 6 minuti pärast panna surve alla 10 kuni 20 minutiks. Ebatasaselt pindu ja kõvemat puitu hoida surve all kauem, kuni 50 minutit. Üleliigne liim kohealt pinnalt ära pühkida. Liimi lahtioleku aeg ei tohi olla rohkem kui 4-6 minutit.</p> <p>Kuivamise ajal vältida tuuletõmbust ja temperatuuri kõikumist (sobiv temperatuur +15...+20°C, suhteline õhuniiskus 50...70%).</p>

Lisa 1 järg

Värvus	Valge, kuivanuna läbipaistev
Kulu	5-7 m ² /L ehk 150ml/m ²
Lahusti	Vesi
Kuivamisaeg	Vajutus aeg 10..20 minutit, surve 1...5kg/cm ² . Kuivamisaeg 24 tundi temperatuuril 20°C ning suhtelisel õhuniiskusel 50%. Pinna edasiseks töötuseks peab ootama täieliku kuivamiseni. Kuivamise ajal vältida tuuletõmbust
Töövahendid	Pintsel, rull, liimilabidas
Töövahendite puhastamine	Töövahendid pesta puhtaks vee ja seebiga
Lisainfo	
Külmakindlus	Ei ole külmakindel
Säilivusaeg	2 aastat.
Hoiustamine	Säilitada ja transportida kindlalt suletud originaalpakendis temperatuuril +5°C kuni +30°C. Hoida külma ja otsese päikese kiirguse eest.
Ohutusnõuded	Toodet ei ole klassifitseeritud ohtlikuks kooskõlas CLP-määrusega (EÜ) nr 1272/2008. Hoida lastele kättesaamatus kohas. Ennetava meetmena on soovitatav kasutada tavalisi isikukaitsevahendeid, millel on CE-märkis. Ärge sööge ja jooge kasutamise ajal; peske pärast käsi sobiva puhastusvahendiga. Silma sattumisel pesta rohke veega. Kokkupuutel nahaga on soovitatud puhastada kahjustatud ala põhjalikult vee ja neutraalse seebiga. Probleemide korral pöörduge arsti poole.
Jäätmekäitlus ja keskkonnakaitse	Värvitooteid tuleb alati käsitleda ettevaatlikult. Mitte valada kanalisatsiooni. Vältida sattumist keskkonda. Vältida või minimeerida jääkide tekkimist. Tühi, kuiv pakend viia taaskasutamiseks pakendijäätmete kogumispunkti (Jäätmekood 15 01), kuiva toote jäägid olmejäätmete konteinerisse. Vedelad jäägid tuleb üle anda selle käitlemiseks keskkonnaluba omavale jäätmekäitlejale (Jäätmekood 08 04 10, liimi- ja hermeetikujäätmed, mida ei ole nimetatud koodinumbri 08 04 09). Teavet jäätmekäitlejate kohta annab kohalik omavalitsus või Keskkonnaamet. Suuremate koguste puhul võtta ühendust Eesti Taaskasutusorganisatsioon MTÜ, eto@eto.ee
Tihedus	1 kg/L.
Pakendid	0,33 L – 0,75 L – 2,5 L – 10 L

Lisa 2. Katsekehade liimimiste protokoll

				Katsekehade liimimiste protokoll						
Katsekehade liimimiste andmed					Märkused					
Katsekehade koostajad	Kristo Peedosaar				magistrant					
	Genno Geven Luhtaru				magistrant					
	Liis Kullamaa				magistrant					
	Tõnis Teppand				juhendaja					
Asukoht	EMÜ suur labor				Kreutzwaldi 56/4					
Ruumi temperatuur	16...19 °C									
Õhu suhteline niiskus	19...37 %									
Kasutatud tarvikud	Eskaro B3 puiduliim				niiskuskindel puiduliimliim katsekehade liimimiseks					
	liimikamm 250 mm, tüüp A1				liimikihi ühtlasemaks jaotamiseks puitlamellidel					
	pintsel, laiusega 100 mm ja 70mm				liimi peale kandmiseks puitlamellidele					
	terasrakis 2200 mm				rakis katsekehade liimimiseks					
Kasutatud seadmed	Konecranes 4,99T sildkraana				surveseadme paigaldamiseks					
	hüdrauliline press LUKAS				surve tekitamiseks liimitud lamellidele					
	andmesalvestusseade ALMEMO 5690-2				hüdraulilise pressi luger					
				CCLT- ning GL-seeria katsekehade liimimine						
Katsekeha nimetus	Kuupäev	Kellaaeg (liimimise algus)	Kellaaeg (liimimise lõpp)	Surve koormamise alguses (bar)	Surve koormamise lõpus (bar)	Kellaaeg (koormamise algus)	Kellaaeg (koormamise lõpp)	Märkused		
CCLT 08 KK 1-3	15.03.2018	17:35	17:42	215,0	192,8	17:43	18:13	järgmiste katsekehade liimimisel I-tala alla lisaklotsid		
CCLT 08 KK 2-3	15.03.2018	19:20	19:27	215,0	193,5	19:28	19:58			
CCLT 08 KK 3-3	15.03.2018	20:36	20:42	216,0	195,0	20:43	21:13			
CCLT 07 KK 1-3	15.03.2018	22:11	22:15	216,0	195,0	22:17	22:47	välimised lamellid vaja 0,2 mm laiemad teha		
CCLT 07 KK 2-3	15.03.2018	23:03	23:06	217,5	195,5	23:10	23:40			
CCLT 07 KK 3-3	16.03.2018	14:08	14:12	218,0	190,3	14:16	14:46			
CCLT 06 KK 1-3	16.03.2018	18:15	18:19	219,0	194,6	18:21	18:51	sisemistel lamellidel vaja paksust 0,2 mm vähendada		
CCLT 06 KK 2-3	16.03.2018	19:07	19:09	219,3	196,6	19:12	19:42			

Lisa 2 järg

CCLT 06 KK 3-3	16.03.2018	19:49	19:52	218,2	197,5	19:55	20:25	
CCLT 05 KK 1-3	18.03.2018	17:00	17:03	218,6	196,6	17:06	17:36	
CCLT 05 KK 2-3	18.03.2018	17:47	17:50	217,2	195,6	17:53	18:23	
CCLT 05 KK 3-3	18.03.2018	18:33	18:35	218,7	196,1	18:39	19:09	
CCLT 04 KK 1-3	20.03.2018	11:05	11:08	219,8	193,8	11:12	11:42	
CCLT 04 KK 2-3	20.03.2018	13:52	13:56	220,1	203,2	13:59	14:29	
CCLT 04 KK 3-3	20.03.2018	14:40	14:43	217,3	200,5	14:46	15:16	
CCLT 03 KK 1-3	20.03.2018	15:23	15:26	218,8	201,8	15:29	15:59	edaspidi kõik lamellid vaja lõigata võrdsesse pikkusesse
CCLT 03 KK 2-3	20.03.2018	16:06	16:09	219,2	201,7	16:11	16:41	
CCLT 03 KK 3-3	20.03.2018	16:56	16:58	217,3	199,3	17:00	17:30	
CCLT 02 KK 1-3	20.03.2018	17:39	17:42	220,9	200,7	17:45	18:15	sisemistel lamellidel vaja paksust 0,2 mm vähendada
CCLT 02 KK 2-3	20.03.2018	18:23	18:26	219,6	200,0	18:29	18:59	
CCLT 02 KK 3-3	20.03.2018	19:05	19:08	218,4	199,5	19:12	19:42	
CCLT 09 KK 1-3	21.03.2018	17:36	17:38	219,2	195,1	17:41	18:11	
CCLT 09 KK 2-3	21.03.2018	18:21	18:24	219,3	197,1	18:27	18:57	
CCLT 09 KK 3-3	21.03.2018	19:03	19:06	218,0	198,5	19:08	19:38	
CCLT 08 KK 1-2	11.04.2018	13:30	13:34	218,1	196,9	13:36	14:06	
CCLT 08 KK 2-2	11.04.2018	14:14	14:16	220,3	201,3	14:19	14:49	
CCLT 07 KK 1-2	11.04.2018	14:56	14:59	218,4	200,9	15:01	15:31	
CCLT 07 KK 2-2	11.04.2018	15:37	15:40	219,4	201,0	15:42	16:12	
CCLT 06 KK 1-2	11.04.2018	16:20	16:22	219,6	199,0	16:25	16:55	
CCLT 06 KK 2-2	11.04.2018	17:06	17:08	220,2	201	17:10	17:40	
CCLT 05 KK 1-2	10.04.2018	20:24	20:27	219,9	198,2	20:30	21:00	
CCLT 05 KK 2-2	10.04.2018	21:06	21:08	219,7	199,2	21:12	21:42	
CCLT 04 KK 1-2	10.04.2018	18:59	19:03	219,8	198,2	20:30	21:00	
CCLT 04 KK 2-2	10.04.2018	19:42	19:44	219,8	199,6	19:47	20:17	
CCLT 03 KK 1-2	10.04.2018	17:33	17:36	219,1	199,5	17:40	18:10	
CCLT 03 KK 2-2	10.04.2018	18:16	18:18	218,3	200,1	18:22	18:52	
CCLT 02 KK 1-2	10.04.2018	15:58	16:01	219,2	199,5	16:04	16:34	
CCLT 02 KK 2-2	10.04.2018	16:48	16:51	220,0	200,4	16:54	17:24	
CCLT 09 KK 1-2	10.04.2018	14:28	14:31	218,7	195,1	14:33	15:03	

Lisa 2 järg

CCLT 09 KK 2-2	10.04.2018	15:10	15:13	219,2	200,5	15:16	15:46	
GL 01 KK 1-4	20.04.2018	15:29	15:31	218,5	199,5	15:33	16:03	
GL 01 KK 2-4	22.04.2018	12:28	12:30	217,7	198,9	12:32	13:02	
GL 01 KK 3-4	23.04.2018	13:25	13:27	218,8	198,8	13:28	13:58	
GL 01 KK 4-4	23.04.2018	14:01	14:03	217,9	200,3	14:05	14:35	
GL 02 KK 1-4	20.04.2018	16:08	16:11	218,1	200,2	16:13	16:43	
GL 02 KK 2-4	23.04.2018	14:41	14:43	217,2	198,6	14:46	15:16	
GL 03 KK 3-4	23.04.2018	15:22	15:24	219,2	199,3	15:26	15:56	
GL 04 KK 4-4	23.04.2018	16:00	16:03	219,8	200,4	16:05	16:35	

Lisa 3. Nelja punkti paindekatsete protokoll

80x80 mm massiivpuit koormatud 45° nurga all (<i>diamond shape</i>)																						
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused			
				Kiht 1				Niiskus (%)														
SS 01 KK 1-4	20.03.18	14:18	parem ots	kuusk				8,7				3,56	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	15,652	11,00	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>			
			keskelt				kuusk				12,8											
			vasak ots				kuusk				10,5											
			KK keskmine				kuusk				10,7											
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused			
				Kiht 1				Niiskus (%)														
SS 01 KK 2-4	20.03.18	14:18	parem ots	kuusk				10,0				5,10	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	15,664	9,37	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>			
			keskelt				kuusk				14,6											
			vasak ots				kuusk				9,5											
			KK keskmine				kuusk				11,4											
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused			
				Kiht 1				Niiskus (%)														
SS 01 KK 3-4	20.03.18	14:19	parem ots	kuusk				10,2				3,59	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	15,268	10,73	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>			
			keskelt				kuusk				12,9											
			vasak ots				kuusk				9,4											
			KK keskmine				kuusk				10,8											
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused			
				Kiht 1				Niiskus (%)														
SS 01 KK 4-4	20.03.18	14:19	parem ots	kuusk				9,8				5,12	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	15,866	4,70	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>			
			keskelt				kuusk				15,1											
			vasak ots				kuusk				9,9											
			KK keskmine				kuusk				11,6											
80x80 mm kombineeritud ristlõikega koormatud 45° nurga all (<i>diamond shape</i>)																						
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused			
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)											
CCLT 06 KK 1-3	20.03.18	15:52	lamell 1	kask	7,6	haab	7,7	kuusk	10,2	kask	7,9	5,28	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	28,734	4,08	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>			
			lamell 2			haab	7,7	kuusk	12,0	kask	7,2											
			lamell 3			haab	8,0	kuusk	10,6	kask	7,8											
			lamell 4			haab	7,9	kuusk	9,7	kask	7,0											
			KK keskmine	kask	7,6	haab	7,8	kuusk	10,6	kask	7,5											
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused			
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)											
CCLT	20.03.18	15:33	lamell 1	kask	7,5	haab	8,5	kuusk	11,2	kask	7,5	5,17	80 x 80	1500	nelja	1200	29,119	4,05	Katseseade <i>INSTRON</i>			

Lisa 3 järg

06 KK 2-3			lamell 2			haab	7,9	kuusk	11,8	kask	6,7				punkti paindekatse	(360 + 480 + 360)			3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 3			haab	7,8	kuusk	11,5	kask	7,0								
			lamell 4			haab	7,7	kuusk	10,6	kask	8								
			KK keskmine	kask	7,5	haab	8,0	kuusk	11,3	kask	7,3								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 06 KK 3-3	20.03.18	15:41	lamell 1	kask	6,4	haab	7,6	kuusk	11,3	kask	7,4	5,28	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	22,902	3,44	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,2	kuusk	11,1	kask	6,9								
			lamell 3			haab	7,8	kuusk	11,5	kask	7,6								
			lamell 4			haab	7,6	kuusk	11,8	kask	8,4								
			KK keskmine	kask	6,4	haab	7,6	kuusk	11,4	kask	7,6								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 06 KK 1-2	17.04.18	13:21	lamell 1	kask	7,2	haab	8,7	kuusk	11,5	kask	7,8	5,11	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	32,068	3,83	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	8,0	kuusk	11,4	kask	6,9								
			lamell 3			haab	7,7	kuusk	11,4	kask	7,1								
			lamell 4			haab	7,8	kuusk	10,7	kask	8,1								
			KK keskmine	kask	7,2	haab	8,1	kuusk	11,3	kask	7,5								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 06 KK 2-2	17.04.18	13:29	lamell 1	kask	6,5	haab	7,4	kuusk	11,2	kask	7,5	5,29	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	25,71	3,53	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,6	kuusk	11,3	kask	6,8								
			lamell 3			haab	7,8	kuusk	11,5	kask	7,4								
			lamell 4			haab	7,4	kuusk	11,7	kask	8,2								
			KK keskmine	kask	6,5	haab	7,6	kuusk	11,4	kask	7,5								
80x80 mm kombineeritud ristlõikega koormatud 45° nurga all (<i>diamond shape</i>)																			
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 08 KK 1-3	20.03.18	15:54	lamell 1	mänd	7,9	haab	6,6	m.lepp	8,5	mänd	8,8	5,36	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	28,586	6,09	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,3	m.lepp	8,4	mänd	8,3								
			lamell 3			haab	6,2	m.lepp	9,2	mänd	7,7								
			lamell 4			haab	6,5	m.lepp	8,2	mänd	7,7								
			KK keskmine	mänd	7,9	haab	6,4	m.lepp	8,6	mänd	8,1								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 08 KK 2-3	20.03.18	17:21	lamell 1	mänd	8,4	haab	6,4	m.lepp	8,8	mänd	7,9	5,17	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	24,607	2,74	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,3	m.lepp	9,7	mänd	9,4								
			lamell 3			haab	6,7	m.lepp	9,3	mänd	8,7								
			lamell 4			haab	6,8	m.lepp	9,5	mänd	8,8								

Lisa 3 järg

			KK keskmine	mänd	8,4	haab	6,6	m.lepp	9,3	mänd	8,7								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 08 KK 3-3	20.03.18	17:28	lamell 1	mänd	8,8	haab	6,5	m.lepp	8,4	mänd	7,8	5,06	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	28,946	6,43	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,3	m.lepp	8,7	mänd	8,1								
			lamell 3			haab	7,3	m.lepp	9,2	mänd	9								
			lamell 4			haab	7,1	m.lepp	9,4	mänd	7,5								
			KK keskmine	mänd	8,8	haab	7,1	m.lepp	8,9	mänd	8,1								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 08 KK 1-2	17.04.18	13:08	lamell 1	mänd	8,3	haab	6,7	m.lepp	8,7	mänd	7,8	5,21	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	28,934	8,37	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,4	m.lepp	9,6	mänd	9,2								
			lamell 3			haab	6,6	m.lepp	9,4	mänd	8,6								
			lamell 4			haab	6,5	m.lepp	9,5	mänd	8,9								
			KK keskmine	mänd	8,3	haab	6,6	m.lepp	9,3	mänd	8,6								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 08 KK 2-2	17.04.18	13:15	lamell 1	mänd	8,7	haab	6,6	m.lepp	8,5	mänd	7,9	5,25	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	37,354	5,62	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,2	m.lepp	8,4	mänd	8,0								
			lamell 3			haab	7,5	m.lepp	9,3	mänd	9,1								
			lamell 4			haab	7,2	m.lepp	9,0	mänd	7,7								
			KK keskmine	mänd	8,7	haab	7,1	m.lepp	8,8	mänd	8,2								
80x80 mm kombineeritud ristlõikega koormatud 45° nurga all (<i>diamond shape</i>)																			
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 07 KK 1-3	20.03.18	17:50	lamell 1	kuusk	8,2	kuusk	7,3	kuusk	8,8	kuusk	8,0	4,40	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	22,303	5,66	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			kuusk	9,5	kuusk	8,3	kuusk	7,8								
			lamell 3			kuusk	7,3	kuusk	8,2	kuusk	7,6								
			lamell 4			kuusk	8,1	kuusk	7,9	kuusk	7,8								
			KK keskmine	kuusk	8,2	kuusk	8,1	kuusk	8,3	kuusk	7,8								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 07 KK 2-3	20.03.18	18:02	lamell 1	kuusk	8,1	kuusk	7,7	kuusk	8,1	kuusk	8,8	4,46	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	18,362	5,89	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			kuusk	9,6	kuusk	8,3	kuusk	7,8								
			lamell 3			kuusk	7,9	kuusk	8,0	kuusk	7,8								
			lamell 4			kuusk	9,2	kuusk	8,3	kuusk	8,5								
			KK keskmine	kuusk	8,1	kuusk	8,6	kuusk	8,2	kuusk	8,2								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								

Lisa 3 järg

CCLT 07 KK 3-3	20.03.18	18:09	lamell 1	kuusk	8,1	kuusk	8,3	kuusk	8,1	kuusk	9,5	4,39	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	19,455	5,20	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			kuusk	8,0	kuusk	10,6	kuusk	9,7								
			lamell 3			kuusk	7,9	kuusk	9,5	kuusk	9,0								
			lamell 4			kuusk	10,0	kuusk	10,0	kuusk	8,9								
			KK keskmine	kuusk	8,1	kuusk	8,6	kuusk	9,6	kuusk	9,3								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 07 KK 1-2	12.04.18	13:36	lamell 1	kuusk	8,2	kuusk	7,6	kuusk	8,2	kuusk	8,7	4,43	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	20,282	2,12	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			kuusk	9,4	kuusk	8,4	kuusk	7,8								
			lamell 3			kuusk	8,1	kuusk	7,9	kuusk	7,7								
			lamell 4			kuusk	9,2	kuusk	8,4	kuusk	8,2								
			KK keskmine	kuusk	8,2	kuusk	8,6	kuusk	8,2	kuusk	8,1								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 07 KK 2-2	12.04.18	13:42	lamell 1	kuusk	8,1	kuusk	8,4	kuusk	8,2	kuusk	8,9	4,55	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	20,688	3,79	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			kuusk	7,9	kuusk	9,5	kuusk	9,6								
			lamell 3			kuusk	9,3	kuusk	9,6	kuusk	9,2								
			lamell 4			kuusk	10,0	kuusk	10,2	kuusk	9,1								
			KK keskmine	kuusk	8,1	kuusk	8,9	kuusk	9,4	kuusk	9,2								
80x80 mm kombineeritud ristlõikega koormatud 45° nurga all (<i>diamond shape</i>)																			
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 09 KK 1-3	29.03.18	11:40	lamell 1	haab	6,8	haab	6,9	haab	7,6	haab	6,5	4,32	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	26,544	5,79	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,9	haab	7,1	haab	7,1								
			lamell 3			haab	7,5	haab	8,0	haab	7,0								
			lamell 4			haab	7,2	haab	7,5	haab	7,2								
			KK keskmine	haab	6,8	haab	7,1	haab	7,6	haab	7,0								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 09 KK 2-3	29.03.18	11:33	lamell 1	haab	7,2	haab	6,3	haab	7,2	haab	7,0	4,60	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	24,760	6,82	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,3	haab	7,9	haab	7,5								
			lamell 3			haab	6,8	haab	6,8	haab	7,3								
			lamell 4			haab	7,5	haab	7,6	haab	7,2								
			KK keskmine	haab	7,2	haab	7,0	haab	7,4	haab	7,3								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 09 KK 3-3	29.03.18	11:19	lamell 1	haab	7,6	haab	6,8	haab	6,8	haab	6,5	4,47	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	26,710	6,06	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,6	haab	7,1	haab	6,7								
			lamell 3			haab	6,2	haab	7,1	haab	6,7								
			lamell 4			haab	7,1	haab	6,9	haab	7,1								

Lisa 3 järg

			KK keskmine	haab	7,6	haab	6,7	haab	7,0	haab	6,8								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 09 KK 1-2	12.04.18	17:09	lamell 1	haab	7,4	haab	6,5	haab	7,2	haab	7,1	4,39	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	27,444	2,98	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,4	haab	7,6	haab	7,5								
			lamell 3			haab	6,6	haab	7,1	haab	7,3								
			lamell 4			haab	7,7	haab	7,5	haab	7,2								
			KK keskmine	haab	7,4	haab	7,1	haab	7,4	haab	7,3								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 09 KK 2-2	12.04.18	17:18	lamell 1	haab	7,5	haab	6,5	haab	6,7	haab	6,6	4,39	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	16,990	1,78	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,6	haab	7,0	haab	6,3								
			lamell 3			haab	6,3	haab	7,4	haab	6,8								
			lamell 4			haab	7,3	haab	7,1	haab	7,2								
			KK keskmine	haab	7,5	haab	6,7	haab	7,1	haab	6,7								
80x80 mm kombineeritud ristlõikega koormatud 45° nurga all (<i>diamond shape</i>)																			
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 05 KK 1-3	29.03.18	11:50	lamell 1	saar	8,2	m. lepp	8,2	kask	7,9	saar	8,4	6,04	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	37,163	38,21	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			m. lepp	8,0	kask	7,2	saar	8,2								
			lamell 3			m. lepp	8,2	kask	7,6	saar	8,7								
			lamell 4			m. lepp	7,9	kask	7,9	saar	8,3								
			KK keskmine	saar	8,2	m. lepp	8,1	kask	7,7	saar	8,4								Katseseade surus tala peale purunemist edasi
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 05 KK 2-3	29.03.18	12:16	lamell 1	saar	8,2	m. lepp	8,4	kask	6,8	saar	8,4	6,03	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	41,900	32,28	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis Moisture Meters for Wood and Building Materials</i>
			lamell 2			m. lepp	8,1	kask	7,0	saar	8,3								
			lamell 3			m. lepp	8,3	kask	6,9	saar	8,6								
			lamell 4			m. lepp	8,3	kask	6,9	saar	8,2								
			KK keskmine	saar	8,2	m. lepp	8,3	kask	6,9	saar	8,4								Katseseade surus tala peale purunemist edasi
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 05 KK 3-3	29.03.18	12:03	lamell 1	saar	8,7	m. lepp	8,8	kask	7,3	saar	8,9	6,01	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 +	36,264	5,90	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			m. lepp	8,3	kask	7,2	saar	8,3								

Lisa 3 järg

			lamell 3			m. lepp	8,4	kask	7,1	saar	8,4					360)			
			lamell 4			m. lepp	8,6	kask	7,4	saar	8,6								
			KK keskmine	saar	8,7	m. lepp	8,5	kask	7,3	saar	8,6								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 05 KK 1-2	12.04.18	16:55	lamell 1	saar	8,3	m. lepp	8,5	kask	7,0	saar	8,5	6,08	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	34,668	6,30	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis Moisture Meters for Wood and Building Materials</i>
			lamell 2			m. lepp	8,2	kask	7,2	saar	8,2								
			lamell 3			m. lepp	8,4	kask	6,7	saar	8,4								
			lamell 4			m. lepp	8,3	kask	7,1	saar	8,3								
			KK keskmine	saar	8,3	m. lepp	8,4	kask	7,0	saar	8,4								Katseseade surus tala peale purunemist edasi
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 05 KK 2-2	12.04.18	17:02	lamell 1	saar	8,5	m. lepp	8,4	kask	7,1	saar	8,7	6,17	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	31,192	1,81	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			m. lepp	8,6	kask	7,5	saar	8,5								
			lamell 3			m. lepp	8,2	kask	7,3	saar	8,3								
			lamell 4			m. lepp	8,8	kask	7,2	saar	8,3								
			KK keskmine	saar	8,5	m. lepp	8,5	kask	7,3	saar	8,5								
80x80 mm kombineeritud ristlõikega koormatud 90° nurga all (<i>rectangular shape</i>)																			
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 02 KK 1-3	29.03.18	13:44	lamell 1	tamm	7,7	haab	7,0	kask	7,8	tamm	8,4	6,00	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	26,749	7,20	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,4	kask	7,6	tamm	7,8								
			lamell 3			haab	7,1	kask	7,3	tamm	8,3								
			lamell 4			haab	7,2	kask	7,7	tamm	7,2								
			KK keskmine	tamm	7,7	haab	7,2	kask	7,6	tamm	7,9								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 02 KK 2-3	29.03.18	13:50	lamell 1	tamm	7,8	haab	7,2	kask	8,0	tamm	7,4	6,05	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	26,043	8,18	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,4	kask	8,2	tamm	7,5								
			lamell 3			haab	7,6	kask	8,0	tamm	7,9								
			lamell 4			haab	6,9	kask	7,7	tamm	7,7								
			KK keskmine		7,8		7,3		8,0		7,6								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht	Niiskus	Kiht 2	Niiskus	Kiht 3	Niiskus	Kiht	Niiskus								

Lisa 3 järg

				1	(%)		(%)		(%)	4	(%)								
CCLT 02 KK 3-3	29.03.18	13:57	lamell 1	tamm	7,8	haab	6,8	kask	7,8	tamm	8,0	6,12	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	26,793	4,60	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,1	kask	7,7	tamm	7,7								
			lamell 3			haab	6,8	kask	7,5	tamm	7,9								
			lamell 4			haab	6,6	kask	7,7	tamm	7,4								
			KK keskmine		7,8		6,8		7,7		7,8								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 02 KK 1-2	12.04.18	16:12	lamell 1	tamm	7,6	haab	7,7	kask	8,3	tamm	7,7	6,07	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	32,427	5,22	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,2	kask	8,5	tamm	7,3								
			lamell 3			haab	7,5	kask	8,1	tamm	7,8								
			lamell 4			haab	7,1	kask	7,6	tamm	7,9								
			KK keskmine		7,6		7,4		8,1		7,7								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 02 KK 2-2	12.04.18	16:18	lamell 1	tamm	7,8	haab	6,5	kask	7,5	tamm	7,8	5,92	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	25,272	9,10	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,8	kask	7,8	tamm	8,0								
			lamell 3			haab	7,2	kask	7,3	tamm	7,5								
			lamell 4			haab	6,7	kask	7,7	tamm	7,8								
			KK keskmine		7,8		6,8		7,6		7,8								
80x80 mm kombineeritud ristlõikega koormatud 90° nurga all (<i>rectangular shape</i>)																			
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 03 KK 1-3	29.03.18	12:42	lamell 1	saar	9,1	haab	6,9	kask	7,4	saar	8,6	6,13	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	44,099	13,29	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,7	kask	7,8	saar	8,4								
			lamell 3			haab	6,9	kask	7,5	saar	8,3								
			lamell 4			haab	6,5	kask	7,8	saar	8,0								
			KK keskmine		9,1		6,8				8,3								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 03 KK 2-3	29.03.18	12:59	lamell 1	saar	8,4	haab	6,9	kask	7,7	saar	8,5	5,99	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	45,794	16,68	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,8	kask	7,1	saar	8,7								
			lamell 3			haab	7,2	kask	7,3	saar	8,3								
			lamell 4			haab	7,0	kask	7,5	saar	8,4								
			KK keskmine		8,4		7,0		7,4		8,5								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 03 KK 3-3	29.03.18	13:08	lamell 1	saar	8,4	haab	7,0	kask	7,7	saar	8,7	5,87	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	41,245	14,21	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,7	kask	7,5	saar	8,3								
			lamell 3			haab	6,8	kask	7,6	saar	8,5								
			lamell 4			haab	6,4	kask	7,5	saar	8,2								

Lisa 3 järg

			KK keskmine		8,4		6,7		7,6		8,4								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 03 KK 1-2	12.04.18	16:25	lamell 1	saar	8,1	haab	6,5	kask	8,0	saar	8,8	6,11	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	42,937	111,06	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,8	kask	7,7	saar	8,1								
			lamell 3			haab	6,9	kask	7,0	saar	8,6								
			lamell 4			haab	7,3	kask	7,4	saar	8,4								
			KK keskmine		8,1		6,9		7,5		8,5								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 03 KK 2-2	12.04.18	16:33	lamell 1	saar	8,5	haab	7,2	kask	7,9	saar	8,8	6,02	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	42,279	21,99	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,6	kask	7,2	saar	8,4								
			lamell 3			haab	6,9	kask	7,3	saar	8,9								
			lamell 4			haab	6,3	kask	7,7	saar	8,0								
			KK keskmine		8,5		6,8		7,5		8,5								
80x80 mm kombineeritud ristlõikega koormatud 90° nurga all (<i>rectangular shape</i>)																			
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 04 KK 1-3	29.03.18	13:17	lamell 1	kask	7,1	haab	6,7	m. lepp	8,0	kask	7,3	5,50	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	27,156	5,25	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,0	m. lepp	8,6	kask	7,5								
			lamell 3			haab	7,1	m. lepp	8,7	kask	7,3								
			lamell 4			haab	7,2	m. lepp	8,2	kask	7,2								
			KK keskmine		7,1		7,0		8,4		7,3								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 04 KK 2-3	29.03.18	13:31	lamell 1	kask	7,3	haab	7,4	m. lepp	8,0	kask	7,3	5,42	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	34,994	7,14	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,3	m. lepp	7,8	kask	7,1								
			lamell 3			haab	7,4	m. lepp	8,8	kask	7,4								
			lamell 4			haab	6,7	m. lepp	8,6	kask	7,9								
			KK keskmine		7,3		7,2		8,3		7,4								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)								
CCLT 04 KK 3-3	29.03.18	13:36	lamell 1	kask	7,1	haab	7,1	m. lepp	8,4	kask	7,2	5,45	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	34,145	9,05	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,0	m. lepp	8,9	kask	7,7								
			lamell 3			haab	7,7	m. lepp	8,2	kask	7,6								

Lisa 3 järg

			lamell 4			haab	7,0	m. lepp	8,4	kask	7,3								
			KK keskmine		7,1		7,2		8,5		7,5								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
CCLT 04 KK 1-2	12.04.18	16:41	lamell 1	kask	7,2	haab	7,8	m. lepp	8,4	kask	7,8	5,50	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	34,770	5,60	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	7,2	m. lepp	8,1	kask	7,2								
			lamell 3			haab	7,7	m. lepp	8,2	kask	7,4								
			lamell 4			haab	7,1	m. lepp	8,7	kask	7,7								
			KK keskmine		7,2		7,5		8,4		7,5								
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
CCLT 04 KK 2-2	12.04.18	16:48	lamell 1	kask	7,2	haab	7,4	m. lepp	8,8	kask	7,5	5,49	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	32,213	2,76	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2			haab	6,9	m. lepp	8,6	kask	7,7								
			lamell 3			haab	6,7	m. lepp	8,7	kask	7,9								
			lamell 4			haab	7,4	m. lepp	8,7	kask	7,2								
			KK keskmine		7,2		7,1		8,7		7,6								
80x80 mm liimpuit tala koormatud 90° nurga all (<i>rectangular shape</i>)																			
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
GL 01 KK 1-4	26.04.18	12:07	lamell 1	kuusk				10,5				4,15	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	28,051	1,86	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2	kuusk				11,5											
			lamell 3	kuusk				10,8											
			lamell 4	kuusk				10,4											
			KK keskmine	kuusk				10,8											
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
GL 01 KK 2-4	26.04.18	12:14	lamell 1	kuusk				10,8				4,38	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	21,790	51,05	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2	kuusk				12,2											
			lamell 3	kuusk				10,9											
			lamell 4	kuusk				11											
			KK keskmine	kuusk				11,2											
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
GL 01	26.04.18	12:20	lamell 1	kuusk				12,8				4,39	80 x 80	1500	nelja	1200	23,803	36,55	Katseseade <i>INSTRON</i>

Lisa 3 järg

KK 3-4			lamell 2	kuusk	12,6				punkti paindekatse	(360 + 480 + 360)			3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 3	kuusk	11,9								
			lamell 4	kuusk	9,6								
			KK keskmine	kuusk	11,7								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)								
GL 01 KK 4-4	26.04.18	12:27	lamell 1	kuusk	10,9	4,46	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	28,327	24,59	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2	kuusk	13,2								
			lamell 3	kuusk	12,1								
			lamell 4	kuusk	12,2								
			KK keskmine	kuusk	12,1								
80x80 mm liimpuit tala koormatud 90° nurga all (<i>rectangular shape</i>)													
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)								
GL 02 KK 1-4	26.04.18	12:33	lamell 1	kuusk	11,3	4,55	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	20,537	13,11	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2	kuusk	11,1								
			lamell 3	kuusk	10,8								
			lamell 4	kuusk	10,8								
			lamell 5	kuusk	14,1								
			lamell 6	kuusk	14,4								
			lamell 7	kuusk	13,5								
			lamell 8	kuusk	11,4								
			KK keskmine	kuusk	12,2								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)								
GL 02 KK 2-4	26.04.18	12:39	lamell 1	kuusk	13,9	4,55	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	24,677	11,41	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2	kuusk	13,0								
			lamell 3	kuusk	14,4								
			lamell 4	kuusk	14,5								
			lamell 5	kuusk	13,8								
			lamell 6	kuusk	13,0								
			lamell 7	kuusk	13,3								
			lamell 8	kuusk	12,1								
			KK keskmine	kuusk	13,5								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)								
GL 02 KK 3-4	26.04.18	12:45	lamell 1	kuusk	12,9	4,31	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 +	12,095	11,44	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2	kuusk	14,4								
			lamell 3	kuusk	14,7								

Lisa 3 järg

			lamell 4	kuusk	13,0					360)			
			lamell 5	kuusk	14,0								
			lamell 6	kuusk	12,6								
			lamell 7	kuusk	12,0								
			lamell 8	kuusk	12,5								
			KK keskmine	kuusk	13,3								
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Sille (mm)	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)								
GL 02 KK 4-4	26.04.18	12:50	lamell 1	kuusk	13,1	4,45	80 x 80	1500	nelja punkti paindekatse	1200 (360 + 480 + 360)	19,453	9,76	Katseseade <i>INSTRON</i> 3369, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME</i>
			lamell 2	kuusk	14,2								
			lamell 3	kuusk	13,8								
			lamell 4	kuusk	13,9								
			lamell 5	kuusk	13,9								
			lamell 6	kuusk	14,0								
			lamell 7	kuusk	12,7								
			lamell 8	kuusk	13,2								
			KK keskmine	kuusk	13,6								

Lisa 4. Survekatsete protokoll

80x80 mm massiivpuit ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1				Niiskus (%)										
SS 01 KK 2-4	05.04.18	16:03	parem ots	kuusk				8,7				1,588	80 x 80	480	surve- katse	268,9	3,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			keskelt				12,8											
			vasak ots				10,5											
			KK keskmine				10,7											
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1				Niiskus (%)										
SS 01 KK 4-4	05.04.18	16:13	parem ots	kuusk				10,0				1,635	80 x 80	480	surve- katse	312,0	2,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			keskelt				14,6											
			vasak ots				9,5											
			KK keskmine				11,4											
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1				Niiskus (%)										
SS 01 KK 3- 4(1)	05.04.18	16:22	parem ots	kuusk				10,2				1,105	80 x 80	480	surve- katse	191,5	2,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			keskelt				12,9											
			vasak ots				9,4											
			KK keskmine				10,8											
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1				Niiskus (%)										
SS 01 KK 3- 4(2)	05.04.18	16:32	Parem ots	kuusk				9,8				1,153	80 x 80	480	surve- katse	168,7	2,20	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			Keskelt				15,1											
			Vasak ots				9,9											
			KK keskmine				11,6											
80x80 mm kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 06 KK 1-3	05.04.18	16:42	lamell 1	kask	7,6	haab	7,7	kuusk	10,2	kask	7,9	1,678	80 x 80	480	surve- katse	281,0	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,7	kuusk	12,0	kask	7,2							
			lamell 3			haab	8,0	kuusk	10,6	kask	7,8							
			lamell 4			haab	7,9	kuusk	9,7	kask	7,0							
			KK keskmine	kask	7,6	haab	7,8	kuusk	10,6	kask	7,5							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							

Lisa 4 järg

CCLT 06 KK 2-3(1)	05.04.18	16:50	lamell 1	kask	7,5	haab	8,5	kuusk	11,2	kask	7,5	1,652	80 x 80	480	surve- katse	286,0	0,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,9	kuusk	11,8	kask	6,7							
			lamell 3			haab	7,8	kuusk	11,5	kask	7,0							
			lamell 4			haab	7,7	kuusk	10,6	kask	8							
			KK keskmine	kask	7,5	haab	8,0	kuusk	11,3	kask	7,3							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 06 KK 2-3(2)	05.04.18	17:00	lamell 1	kask	6,4	haab	7,6	kuusk	11,3	kask	7,4	1,640	80 x 80	480	surve- katse	288,9	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,2	kuusk	11,1	kask	6,9							
			lamell 3			haab	7,8	kuusk	11,5	kask	7,6							
			lamell 4			haab	7,6	kuusk	11,8	kask	8,4							
			KK keskmine	kask	6,4	haab	7,6	kuusk	11,4	kask	7,6							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 06 KK 2-2(1)	18.04.18	12:49	lamell 1	kask	6,5	haab	7,4	kuusk	11,2	kask	7,5	1,690	80 x 80	480	surve- katse	289,0	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,6	kuusk	11,3	kask	6,8							
			lamell 3			haab	7,8	kuusk	11,5	kask	7,4							
			lamell 4			haab	7,4	kuusk	11,7	kask	8,2							
			KK keskmine	kask	6,5	haab	7,6	kuusk	11,4	kask	7,5							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 06 KK 2-2(2)	18.04.18	12:55	lamell 1	kask	6,5	haab	7,4	kuusk	11,2	kask	7,5	1,685	80 x 80	480	surve- katse	290,6	0,80	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,6	kuusk	11,3	kask	6,8							
			lamell 3			haab	7,8	kuusk	11,5	kask	7,4							
			lamell 4			haab	7,4	kuusk	11,7	kask	8,2							
			KK keskmine	kask	6,5	haab	7,6	kuusk	11,4	kask	7,5							
80x80 mm kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 08 KK 1-3(1)	05.04.18	17:08	lamell 1	mänd	7,9	haab	6,6	m. lepp	8,5	mänd	8,8	1,666	80 x 80	480	surve- katse	335,5	0,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	6,3	m. lepp	8,4	mänd	8,3							
			lamell 3			haab	6,2	m. lepp	9,2	mänd	7,7							
			lamell 4			haab	6,5	m. lepp	8,2	mänd	7,7							
			KK keskmine	mänd	7,9	haab	6,4	m. lepp	8,6	mänd	8,1							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 08 KK 1-3(2)	05.04.18	17:15	lamell 1	mänd	8,4	haab	6,4	m. lepp	8,8	mänd	7,9	1,701	80 x 80	480	surve- katse	341,2	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME
			lamell 2			haab	6,3	m. lepp	9,7	mänd	9,4							
			lamell 3			haab	6,7	m. lepp	9,3	mänd	8,7							
			lamell 4			haab	6,8	m. lepp	9,5	mänd	8,8							

Lisa 4 järg

			KK keskmine	mänd	8,4	haab	6,6	m. lepp	9,3	mänd	8,7							moisture meter
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 08 KK 2-3	05.04.18	17:23	lamell 1	mänd	8,8	haab	6,5	m. lepp	8,4	mänd	7,8	1,616	80 x 80	480	survekatse	301,8	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,3	m. lepp	8,7	mänd	8,1							
			lamell 3			haab	7,3	m. lepp	9,2	mänd	9							
			lamell 4			haab	7,1	m. lepp	9,4	mänd	7,5							
			KK keskmine	mänd	8,8	haab	7,1	m. lepp	8,9	mänd	8,1							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 08 KK 1-2	18.04.18	13:09	lamell 1	mänd	8,3	haab	6,7	m. lepp	8,7	mänd	7,8	1,676	80 x 80	480	survekatse	321,8	0,80	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	6,4	m. lepp	9,6	mänd	9,2							
			lamell 3			haab	6,6	m. lepp	9,4	mänd	8,6							
			lamell 4			haab	6,5	m. lepp	9,5	mänd	8,9							
			KK keskmine	mänd	8,3	haab	6,6	m. lepp	9,3	mänd	8,6							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 08 KK 2-2	18.04.18	13:15	lamell 1	mänd	8,7	haab	6,6	m. lepp	8,5	mänd	7,9	1,674	80 x 80	480	survekatse	327,8	0,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,2	m. lepp	8,4	mänd	8,0							
			lamell 3			haab	7,5	m. lepp	9,3	mänd	9,1							
			lamell 4			haab	7,2	m. lepp	9,0	mänd	7,7							
			KK keskmine	mänd	8,7	haab	7,1	m. lepp	8,8	mänd	8,2							
80x80 mm kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 07 KK 1-3	05.04.18	17:31	lamell 1	kuusk	8,2	kuusk	7,3	kuusk	8,8	kuusk	8,0	1,375	80 x 80	480	survekatse	246,1	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			kuusk	9,5	kuusk	8,3	kuusk	7,8							
			lamell 3			kuusk	7,3	kuusk	8,2	kuusk	7,6							
			lamell 4			kuusk	8,1	kuusk	7,9	kuusk	7,8							
			KK keskmine	kuusk	8,2	kuusk	8,1	kuusk	8,3	kuusk	7,8							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 07 KK 2-3	05.04.18	17:38	lamell 1	kuusk	8,1	kuusk	7,7	kuusk	8,1	kuusk	8,8	1,395	80 x 80	480	survekatse	195,6	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			kuusk	9,6	kuusk	8,3	kuusk	7,8							
			lamell 3			kuusk	7,9	kuusk	8,0	kuusk	7,8							
			lamell 4			kuusk	9,2	kuusk	8,3	kuusk	8,5							
			KK keskmine	kuusk	8,1	kuusk	8,6	kuusk	8,2	kuusk	8,2							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							

Lisa 4 järg

CCLT 07 KK 3-3	05.04.18	17:44	lamell 1	kuusk	8,1	kuusk	8,3	kuusk	8,1	kuusk	9,5	1,385	80 x 80	480	surve- katse	223,4	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			kuusk	8,0	kuusk	10,6	kuusk	9,7							
			lamell 3			kuusk	7,9	kuusk	9,5	kuusk	9,0							
			lamell 4			kuusk	10,0	kuusk	10,0	kuusk	8,9							
			KK keskmine	kuusk	8,1	kuusk	8,6	kuusk	9,6	kuusk	9,3							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 07 KK 1- 2(1)	18.04.18	12:59	lamell 1	kuusk	8,2	kuusk	7,6	kuusk	8,2	kuusk	8,7	1,430	80 x 80	480	surve- katse	241,1	0,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			kuusk	9,4	kuusk	8,4	kuusk	7,8							
			lamell 3			kuusk	8,1	kuusk	7,9	kuusk	7,7							
			lamell 4			kuusk	9,2	kuusk	8,4	kuusk	8,2							
			KK keskmine	kuusk	8,2	kuusk	8,6	kuusk	8,2	kuusk	8,1							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 07 KK 1- 2(2)	18.04.18	13:05	lamell 1	kuusk	8,2	kuusk	7,6	kuusk	8,2	kuusk	8,7	1,413	80 x 80	480	surve- katse	239,6	1,10	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			kuusk	9,4	kuusk	8,4	kuusk	7,8							
			lamell 3			kuusk	8,1	kuusk	7,9	kuusk	7,7							
			lamell 4			kuusk	9,2	kuusk	8,4	kuusk	8,2							
			KK keskmine	kuusk	8,2	kuusk	8,6	kuusk	8,2	kuusk	8,1							
80x80 mm kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 09 KK 2-3	05.04.18	17:49	lamell 1	haab	6,8	haab	6,9	haab	7,6	haab	6,5	1,479	80 x 80	480	surve- katse	277,5	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	6,9	haab	7,1	haab	7,1							
			lamell 3			haab	7,5	haab	8,0	haab	7,0							
			lamell 4			haab	7,2	haab	7,5	haab	7,2							
			KK keskmine	haab	6,8	haab	7,1	haab	7,6	haab	7,0							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 09 KK 3- 3(1)	05.04.18	17:54	lamell 1	haab	7,2	haab	6,3	haab	7,2	haab	7,0	1,425	80 x 80	480	surve- katse	300,8	0,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,3	haab	7,9	haab	7,5							
			lamell 3			haab	6,8	haab	6,8	haab	7,3							
			lamell 4			haab	7,5	haab	7,6	haab	7,2							
			KK keskmine	haab	7,2	haab	7,0	haab	7,4	haab	7,3							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 09 KK 3- 3(2)	05.04.18	18:00	lamell 1	haab	7,6	haab	6,8	haab	6,8	haab	6,5	1,426	80 x 80	480	surve- katse	277,3	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME
			lamell 2			haab	6,6	haab	7,1	haab	6,7							
			lamell 3			haab	6,2	haab	7,1	haab	6,7							
			lamell 4			haab	7,1	haab	6,9	haab	7,1							

Lisa 4 järg

			KK keskmine	haab	7,6	haab	6,7	haab	7,0	haab	6,8							moisture meter
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 09 KK 1-2(1)	18.04.18	13:20	lamell 1	haab	7,4	haab	6,5	haab	7,2	haab	7,1	1,394	80 x 80	480	survekatse	281,0	0,70	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,4	haab	7,6	haab	7,5							
			lamell 3			haab	6,6	haab	7,1	haab	7,3							
			lamell 4			haab	7,7	haab	7,5	haab	7,2							
			KK keskmine	haab	7,4	haab	7,1	haab	7,4	haab	7,3							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 09 KK 1-2(2)	18.04.18	13:25	lamell 1	haab	7,4	haab	6,5	haab	7,2	haab	7,1	1,406	80 x 80	480	survekatse	302,4	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,4	haab	7,6	haab	7,5							
			lamell 3			haab	6,6	haab	7,1	haab	7,3							
			lamell 4			haab	7,7	haab	7,5	haab	7,2							
			KK keskmine	haab	7,4	haab	7,1	haab	7,4	haab	7,3							
80x80 mm kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 05 KK 2-3	05.04.18	18:07	lamell 1	saar	8,2	m. lepp	8,2	kask	7,9	saar	8,4	1,958	80 x 80	480	survekatse	338,6	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			m. lepp	8,0	kask	7,2	saar	8,2							
			lamell 3			m. lepp	8,2	kask	7,6	saar	8,7							
			lamell 4			m. lepp	7,9	kask	7,9	saar	8,3							
			KK keskmine	saar	8,2	m. lepp	8,1	kask	7,7	saar	8,4							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 05 KK 3-3(1)	05.04.18	18:13	lamell 1	saar	8,2	m. lepp	8,4	kask	6,8	saar	8,4	1,919	80 x 80	480	survekatse	342,2	1,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			m. lepp	8,1	kask	7,0	saar	8,3							
			lamell 3			m. lepp	8,3	kask	6,9	saar	8,6							
			lamell 4			m. lepp	8,3	kask	6,9	saar	8,2							
			KK keskmine	saar	8,2	m. lepp	8,3	kask	6,9	saar	8,4							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 05 KK 3-3(2)	05.04.18	18:21	lamell 1	saar	8,7	m. lepp	8,8	kask	7,3	saar	8,9	1,915	80 x 80	480	survekatse	360,3	1,80	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			m. lepp	8,3	kask	7,2	saar	8,3							
			lamell 3			m. lepp	8,4	kask	7,1	saar	8,4							
			lamell 4			m. lepp	8,6	kask	7,4	saar	8,6							
			KK keskmine	saar	8,7	m. lepp	8,5	kask	7,3	saar	8,6							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 05	18.04.18	12:36	lamell 1	saar	8,3	m. lepp	8,5	kask	7,0	saar	8,5	1,930	80 x 80	480	surve-	346,7	1,50	Universaalne

Lisa 4 järg

KK 1-2(1)			lamell 2			m. lepp	8,2	kask	7,2	saar	8,2				katse			katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 3			m. lepp	8,4	kask	6,7	saar	8,4							
			lamell 4			m. lepp	8,3	kask	7,1	saar	8,3							
			KK keskmine	saar	8,3	m. lepp	8,4	kask	7,0	saar	8,4							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 05 KK 1-2(2)	18.04.18	12:42	lamell 1	saar	8,3	m. lepp	8,5	kask	7,0	saar	8,5	1,967	80 x 80	480	surve-katse	332,3	1,20	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			m. lepp	8,2	kask	7,2	saar	8,2							
			lamell 3			m. lepp	8,4	kask	6,7	saar	8,4							
			lamell 4			m. lepp	8,3	kask	7,1	saar	8,3							
			KK keskmine	saar	8,3	m. lepp	8,4	kask	7,0	saar	8,4							
80x80 mm kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 02 KK 1-3	05.04.18	18:29	lamell 1	tamm	7,7	haab	7,0	kask	7,8	tamm	8,4	1,856	80 x 80	480	surve-katse	289,4	2,20	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,4	kask	7,6	tamm	7,8							
			lamell 3			haab	7,1	kask	7,3	tamm	8,3							
			lamell 4			haab	7,2	kask	7,7	tamm	7,2							
			KK keskmine	tamm	7,7	haab	7,2	kask	7,6	tamm	7,9							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 02 KK 2-3	05.04.18	18:36	lamell 1	tamm	7,8	haab	7,2	kask	8,0	tamm	7,4	1,914	80 x 80	480	surve-katse	291,2	1,20	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,4	kask	8,2	tamm	7,5							
			lamell 3			haab	7,6	kask	8,0	tamm	7,9							
			lamell 4			haab	6,9	kask	7,7	tamm	7,7							
			KK keskmine		7,8		7,3		8,0		7,6							
CCLT 02 KK 1-3	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 02 KK 3-3	05.04.18	18:43	lamell 1	tamm	7,8	haab	6,8	kask	7,8	tamm	8,0	1,923	80 x 80	480	surve-katse	305,5	2,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,1	kask	7,7	tamm	7,7							
			lamell 3			haab	6,8	kask	7,5	tamm	7,9							
			lamell 4			haab	6,6	kask	7,7	tamm	7,4							
			KK keskmine		7,8		6,8		7,7		7,8							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 02 KK 1-2(1)	18.04.18	11:53	lamell 1	tamm	7,6	haab	7,7	kask	8,3	tamm	7,7	1,909	80 x 80	480	surve-katse	322,1	3,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,2	kask	8,5	tamm	7,3							
			lamell 3			haab	7,5	kask	8,1	tamm	7,8							
			lamell 4			haab	7,1	kask	7,6	tamm	7,9							
			KK keskmine		7,6		7,4		8,1		7,7							
CCLT	Kuupäev	Kella-	Niiskuse	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal	Ristlõige	Pikkus	Katse	Purustav	Jäävdef.	Märkused

Lisa 4 järg

02 KK 1-3		aeg	mõõtekohad	Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)	(kg)	(mm x mm)	(mm)	tüüp	F (kN)	(mm)	
CCLT 02 KK 1-2(2)	18.04.18	12:02	lamell 1	tamm	7,6	haab	7,7	kask	8,3	tamm	7,7	1,936	80 x 80	480	surve- katse	329,3	2,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,2	kask	8,5	tamm	7,3							
			lamell 3			haab	7,5	kask	8,1	tamm	7,8							
			lamell 4			haab	7,1	kask	7,6	tamm	7,9							
			KK keskmine		7,6		7,4		8,1		7,7							
80x80 mm kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 03 KK 1-3	05.04.18	18:50	lamell 1	saar	9,1	haab	6,9	kask	7,4	saar	8,6	1,936	80 x 80	480	surve- katse	379,4	1,10	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	6,7	kask	7,8	saar	8,4							
			lamell 3			haab	6,9	kask	7,5	saar	8,3							
			lamell 4			haab	6,5	kask	7,8	saar	8,0							
			KK keskmine		9,1		6,8		7,6		8,3							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 03 KK 2-3	05.04.18	18:57	lamell 1	saar	8,4	haab	6,9	kask	7,7	saar	8,5	1,918	80 x 80	480	surve- katse	369,4	1,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	6,8	kask	7,1	saar	8,7							
			lamell 3			haab	7,2	kask	7,3	saar	8,3							
			lamell 4			haab	7,0	kask	7,5	saar	8,4							
			KK keskmine		8,4		7,0		7,4		8,5							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 03 KK 3-3	05.04.18	19:03	lamell 1	saar	8,4	haab	7,0	kask	7,7	saar	8,7	1,870	80 x 80	480	surve- katse	335,0	2,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	6,7	kask	7,5	saar	8,3							
			lamell 3			haab	6,8	kask	7,6	saar	8,5							
			lamell 4			haab	6,4	kask	7,5	saar	8,2							
			KK keskmine		8,4		6,7		7,6		8,4							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 03 KK 1-2	18.04.18	12:11	lamell 1	saar	8,1	haab	6,5	kask	8,0	saar	8,8	1,960	80 x 80	480	surve- katse	365,3	2,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	6,8	kask	7,7	saar	8,1							
			lamell 3			haab	6,9	kask	7,0	saar	8,6							
			lamell 4			haab	7,3	kask	7,4	saar	8,4							
			KK keskmine		8,4		6,9		7,5		8,5							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 03 KK 2-2	18.04.18	12:18	lamell 1	saar	8,5	haab	7,2	kask	7,9	saar	8,8	1,917	80 x 80	480	surve- katse	351,4	2,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN,
			lamell 2			haab	6,6	kask	7,2	saar	8,4							
			lamell 3			haab	6,9	kask	7,3	saar	8,9							

Lisa 4 järg

				lamell 4			haab	6,3	kask	7,7	saar	8,0						niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
				KK keskmine		8,4		6,8		7,5		8,5						
80x80 mm kontsentrilise asetusega kombineeritud ristlõikega katsekehad																		
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 04 KK 1-3	05.04.18	19:09	lamell 1	kask	7,1	haab	6,7	m. lepp	8,0	kask	7,3	1,756	80 x 80	480	surve- katse	308,7	0,90	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,0	m. lepp	8,6	kask	7,5							
			lamell 3			haab	7,1	m. lepp	8,7	kask	7,3							
			lamell 4			haab	7,2	m. lepp	8,2	kask	7,2							
			KK keskmine		7,1		7,0		8,4		7,3							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 04 KK 2- 3(1)	05.04.18	19:14	lamell 1	kask	7,3	haab	7,4	m. lepp	8,0	kask	7,3	1,732	80 x 80	480	surve- katse	310,0	0,80	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,3	m. lepp	7,8	kask	7,1							
			lamell 3			haab	7,4	m. lepp	8,8	kask	7,4							
			lamell 4			haab	6,7	m. lepp	8,6	kask	7,9							
			KK keskmine		7,3		7,2		8,3		7,4							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 04 KK 2- 3(2)	05.04.18	19:19	lamell 1	kask	7,1	haab	7,1	m. lepp	8,4	kask	7,2	1,731	80 x 80	480	surve- katse	315,7	1,20	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,0	m. lepp	8,9	kask	7,7							
			lamell 3			haab	7,7	m. lepp	8,2	kask	7,6							
			lamell 4			haab	7,0	m. lepp	8,4	kask	7,3							
			KK keskmine		7,1		7,2		8,5		7,5							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 04 KK 1-2	18.04.18	12:24	lamell 1	kask	7,2	haab	7,8	m. lepp	8,4	kask	7,8	1,743	80 x 80	480	surve- katse	319,4	1,10	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	7,2	m. lepp	8,1	kask	7,2							
			lamell 3			haab	7,7	m. lepp	8,2	kask	7,4							
			lamell 4			haab	7,1	m. lepp	8,7	kask	7,7							
			KK keskmine		7,2		7,5		8,4		7,5							
KK nimetus	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)	Kiht 2	Niiskus (%)	Kiht 3	Niiskus (%)	Kiht 4	Niiskus (%)							
CCLT 04 KK 2-2	18.04.18	14:29	lamell 1	kask	7,2	haab	7,4	m. lepp	8,8	kask	7,5	1,756	80 x 80	480	surve- katse	312,4	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2			haab	6,9	m. lepp	8,6	kask	7,7							
			lamell 3			haab	6,7	m. lepp	8,7	kask	7,9							
			lamell 4			haab	7,4	m. lepp	8,7	kask	7,2							
			KK keskmine		7,2		7,1		8,7		7,6							
80x80 mm puidukiudega paralleelselt liimitud lamellidega katsekehad																		
KK	Kuupäev	Kella- aeg	Niiskuse	Katsekehade niiskussisaldus								Kaal	Ristlõige	Pikkus	Katse	Purustav	Jäävdef.	Märkused

Lisa 4 järg

nimetus		aeg	mõõtekohad	Kiht 1	Niiskus (%)	(kg)	(mm x mm)	(mm)	tüüp	F (kN)	(mm)	
GL 01 KK 1-4	26.04.18	15:48	lamell 1	kuusk	10,5	1,332	80 x 80	480	surve- katse	232,3	1,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2	kuusk	11,5							
			lamell 3	kuusk	10,8							
			lamell 4	kuusk	10,4							
			KK keskmine	kuusk	10,8							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)							
GL 01 KK 2-4	26.04.18	15:54	lamell 1	kuusk	10,8	1,402	80 x 80	480	surve- katse	258,1	0,60	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2	kuusk	12,2							
			lamell 3	kuusk	10,9							
			lamell 4	kuusk	11							
			KK keskmine	kuusk	11,2							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)							
GL 01 KK 3-4	26.04.18	16:01	lamell 1	kuusk	12,8	1,396	80 x 80	480	surve- katse	239,0	2,00	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2	kuusk	12,6							
			lamell 3	kuusk	11,9							
			lamell 4	kuusk	9,6							
			KK keskmine	kuusk	11,7							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)							
GL 01 KK 4-4	26.04.18	16:06	lamell 1	kuusk	10,9	1,399	80 x 80	480	surve- katse	246,8	0,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2	kuusk	13,2							
			lamell 3	kuusk	12,1							
			lamell 4	kuusk	12,2							
			KK keskmine	kuusk	12,1							
80x80 mm puidukiudega paralleelselt liimitud lamellidega katsekehad												
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)							
GL 02 KK 1-4	26.04.18	16:11	lamell 1	kuusk	11,3	1,457	80 x 80	480	surve- katse	265,1	0,40	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja Brookhuis FME moisture meter
			lamell 2	kuusk	11,1							
			lamell 3	kuusk	10,8							
			lamell 4	kuusk	10,8							
			lamell 5	kuusk	14,1							
			lamell 6	kuusk	14,4							
			lamell 7	kuusk	13,5							
			lamell 8	kuusk	11,4							

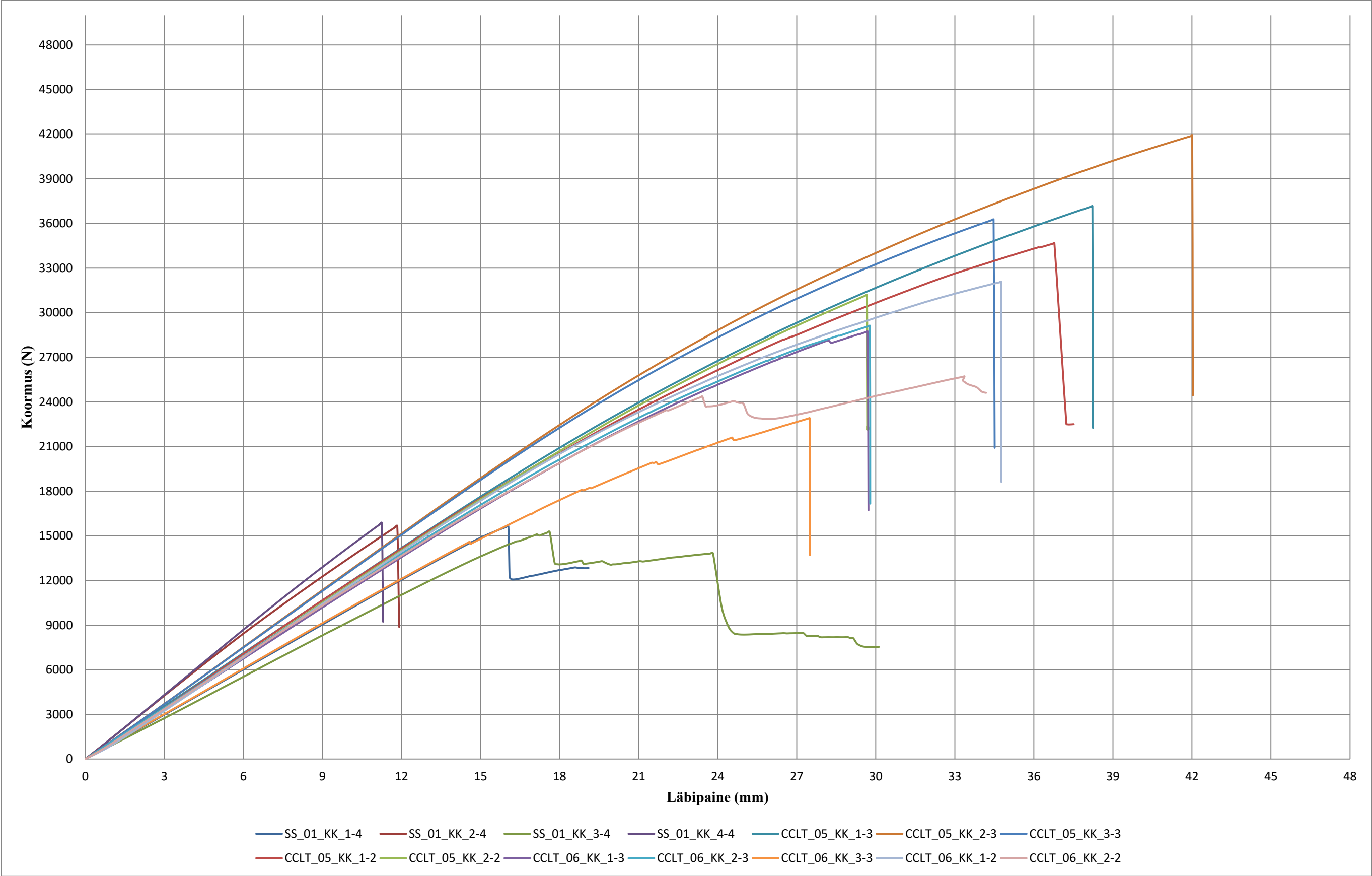
Lisa 4 järg

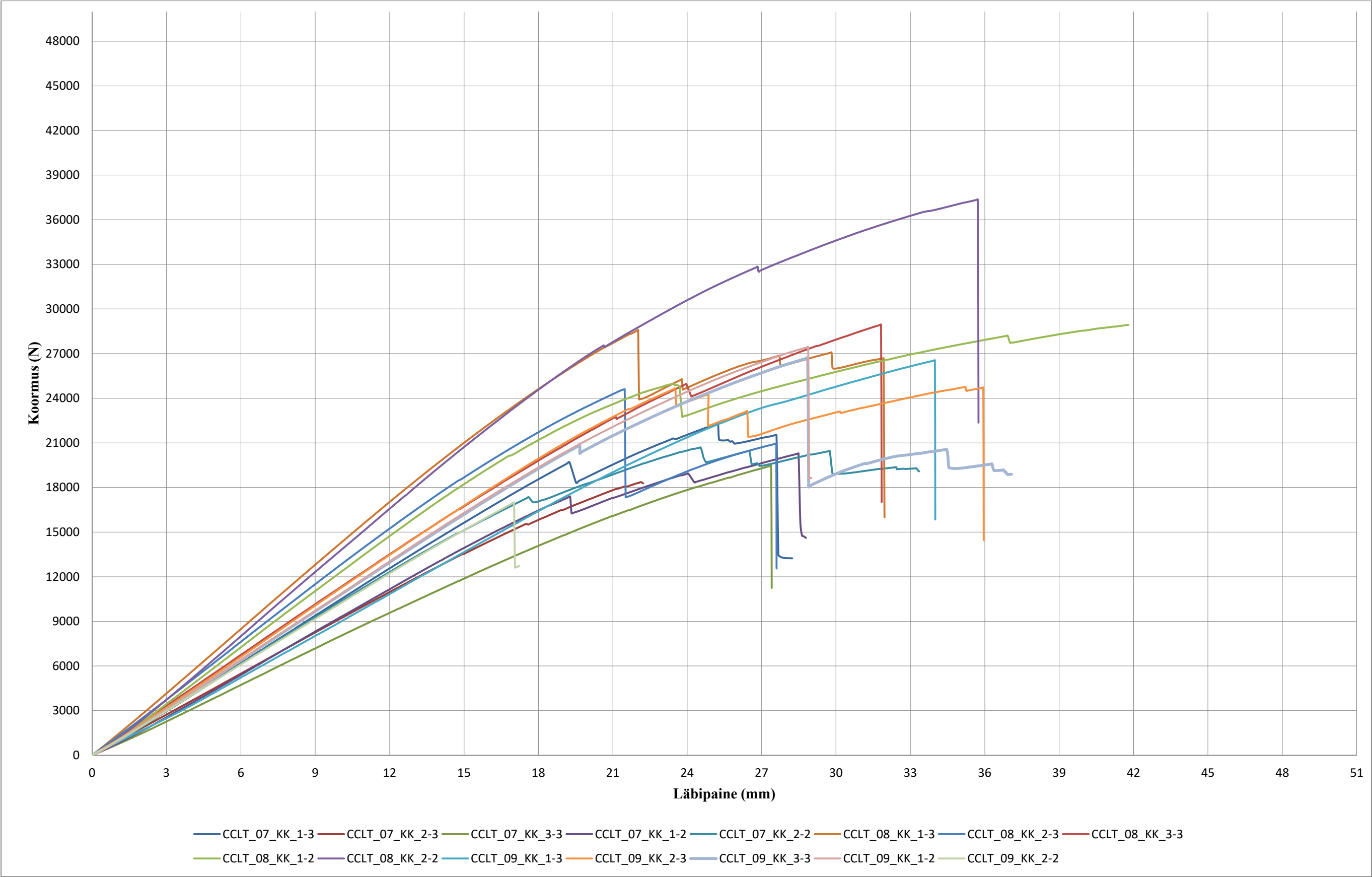
			KK keskmine	kuusk	12,2							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)							
GL 02 KK 2-4	26.04.18	16:17	lamell 1	kuusk	13,9	1,458	80 x 80	480	surve- katse	237,7	1,60	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME moisture meter</i>
			lamell 2	kuusk	13,0							
			lamell 3	kuusk	14,4							
			lamell 4	kuusk	14,5							
			lamell 5	kuusk	13,8							
			lamell 6	kuusk	13,0							
			lamell 7	kuusk	13,3							
			lamell 8	kuusk	12,1							
			KK keskmine	kuusk	13,5							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)							
GL 02 KK 3-4	26.04.18	16:24	lamell 1	kuusk	12,9	1,357	80 x 80	480	surve- katse	222,0	0,60	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME moisture meter</i>
			lamell 2	kuusk	14,4							
			lamell 3	kuusk	14,7							
			lamell 4	kuusk	13,0							
			lamell 5	kuusk	14,0							
			lamell 6	kuusk	12,6							
			lamell 7	kuusk	12,0							
			lamell 8	kuusk	12,5							
			KK keskmine	kuusk	13,3							
KK nimetus	Kuupäev	Kella-aeg	Niiskuse mõõtekohad	Katsekehade niiskussisaldus		Kaal (kg)	Ristlõige (mm x mm)	Pikkus (mm)	Katse tüüp	Purustav F (kN)	Jäävdef. (mm)	Märkused
				Kiht 1	Niiskus (%)							
GL 02 KK 4-4	26.04.18	16:30	lamell 1	kuusk	13,1	1,414	80 x 80	480	surve- katse	201,4	0,50	Universaalne katseseade P - 125, max. koormus 1250kN, niiskusemõõtja <i>Brookhuis FME moisture meter</i>
			lamell 2	kuusk	14,2							
			lamell 3	kuusk	13,8							
			lamell 4	kuusk	13,9							
			lamell 5	kuusk	13,9							
			lamell 6	kuusk	14,0							
			lamell 7	kuusk	12,7							
			lamell 8	kuusk	13,2							
			KK keskmine	kuusk	13,6							

Lisa 5. 45° all (*diamond shape*) koormatud paindekatsete katse- ja arvutustulemuste koondtabel

Katsekeha nimetus 1	Ristlõike kombinatsioon (kihid seest välja) 2	Max jõud (N) 3	Painde- moment (Nmm) 4	Painde- tugevus (MPa) 5	Painde- elastsus- moodul (MPa) 6	Läbi- paine max F (mm) 7	Jääv- deform- atsioon (mm) 8
SS 01 KK 1-4	kuusk	15652	3130453	46,69	9596,35	16,05	11,00
SS 01 KK 2-4	kuusk	15664	3132846	46,73	13489,58	11,84	9,37
SS 01 KK 3-4	kuusk	15269	3053761	45,55	8776,58	17,62	10,73
SS 01 KK 4-4	kuusk	15866	3173297	47,33	13839,71	11,25	4,70
SS 01 KESKMINE:		15613	3122589	46,58	11425,56	14,19	8,95
CCLT 05 KK 1-3	saar, must lepp, kask, saar	37163	7432657	110,86	11213,34	38,22	38,21
CCLT 05 KK 2-3	saar, must lepp, kask, saar	41900	8379977	124,99	12061,31	42,01	32,28
CCLT 05 KK 3-3	saar, must lepp, kask, saar	36265	7252942	108,18	12007,6	34,47	5,90
CCLT 05 KK 1-2	saar, must lepp, kask, saar	34668	6933603	103,42	11289,17	36,78	6,30
CCLT 05 KK 2-2	saar, must lepp, kask, saar	31192	6238483	93,05	11296,28	29,67	1,81
CCLT 05 KESKMINE:		36238	7247532	108,10	11573,54	36,23	16,90
CCLT 06 KK 1-3	kask, haab, kuusk, kask	28734	5746713	85,72	10864,21	29,69	4,08
CCLT 06 KK 2-3	kask, haab, kuusk, kask	29119	5823705	86,86	10992,60	29,78	4,05
CCLT 06 KK 3-3	kask, haab, kuusk, kask	22902	4580413	68,32	9664,66	27,49	3,44
CCLT 06 KK 1-2	kask, haab, kuusk, kask	32068	6413664	95,66	11312,39	34,76	3,83
CCLT 06 KK 2-2	kask, haab, kuusk, kask	25710	5142033	76,70	11009,02	33,37	3,53
CCLT 06 KESKMINE:		27707	5541305	82,65	10768,57	31,02	3,79
CCLT 07 KK 1-3	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	22303	4460640	66,53	100,86	25,24	5,66
CCLT 07 KK 2-3	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	18362	3672394	54,78	8720,48	22,13	5,89
CCLT 07 KK 3-3	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	19455	3890958	58,04	7774,43	27,34	5,20
CCLT 07 KK 1-2	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	20282	4056315	60,50	9101,00	28,49	2,12
CCLT 07 KK 2-2	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	20688	4137540	61,71	10022,75	24,49	3,79
CCLT 07 KESKMINE:		20218	4043569	60,31	9141,12	25,54	4,53
CCLT 08 KK 1-3	mänd, haab, must lepp, mänd	28586	5717111	85,27	13682,38	22,02	6,09
CCLT 08 KK 2-3	mänd, haab, must lepp, mänd	24607	4921465	73,41	12281,80	21,48	2,74
CCLT 08 KK 3-3	mänd, haab, must lepp, mänd	28946	5789221	86,35	10733,48	31,82	6,43
CCLT 08 KK 1-2	mänd, haab, must lepp, mänd	28934	5786863	86,31	11993,45	41,79	8,37
CCLT 08 KK 2-2	mänd, haab, must lepp, mänd	37354	7470887	111,43	13546,78	35,72	5,62
CCLT 08 KESKMINE:		29686	5937109	88,56	12455,58	30,57	5,85
CCLT 09 KK 1-3	haab, haab, haab, haab	26544	5308840	79,18	8824,76	33,99	5,79
CCLT 09 KK 2-3	haab, haab, haab, haab	24760	4951909	73,86	10824,82	35,22	6,82
CCLT 09 KK 3-3	haab, haab, haab, haab	26710	5342020	79,68	10455,30	28,86	6,06
CCLT 09 KK 1-2	haab, haab, haab, haab	27444	5488701	81,87	10480,01	28,88	2,98
CCLT 09 KK 2-2	haab, haab, haab, haab	16990	3398014	50,68	9842,45	17,01	1,78
CCLT 09 KESKMINE:		24489	4897897	73,05	10085,47	28,79	4,69

Lisa 6. 45° all (*diamond shape*) koormatud paindekatsete purunemisgraafikud

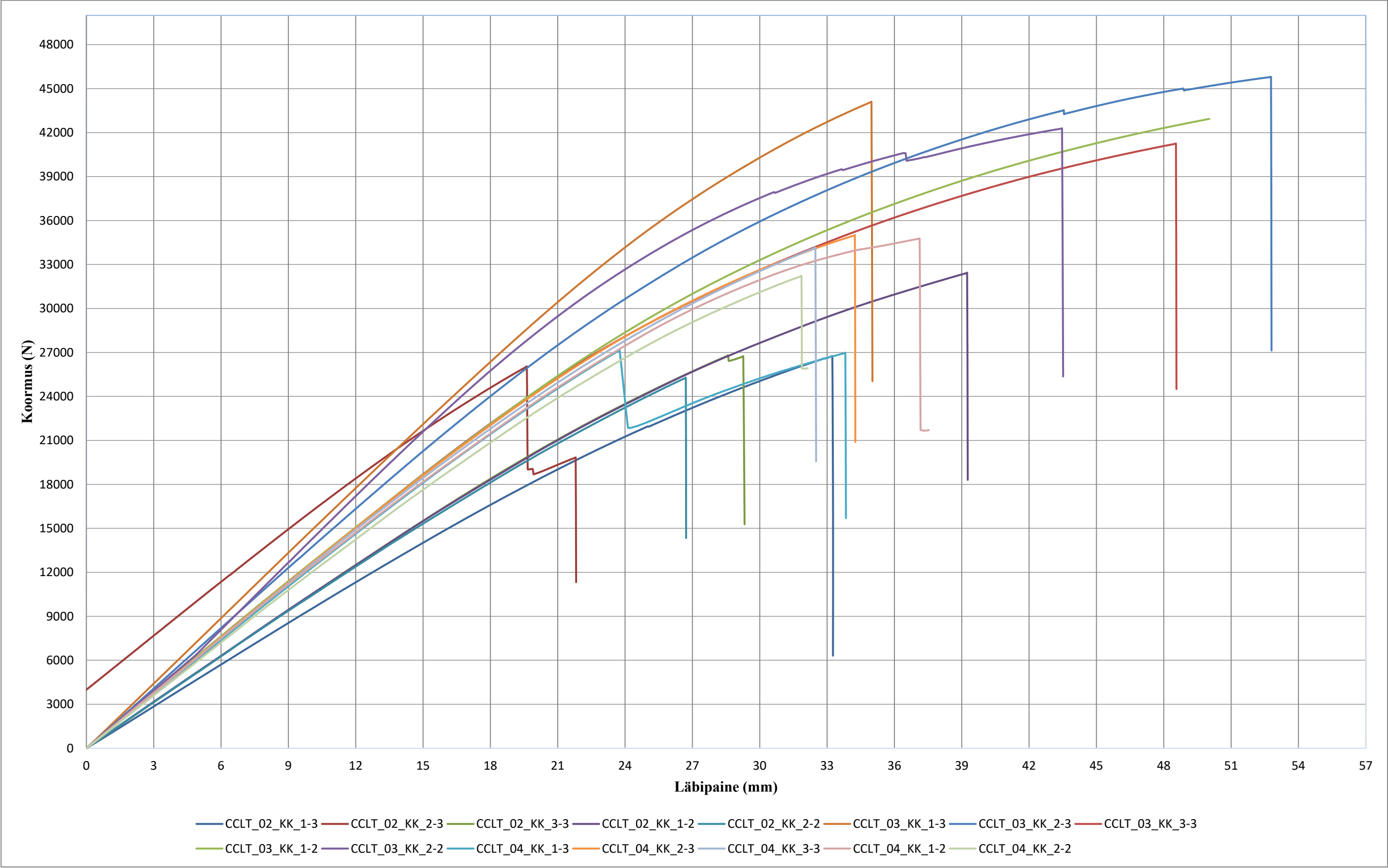




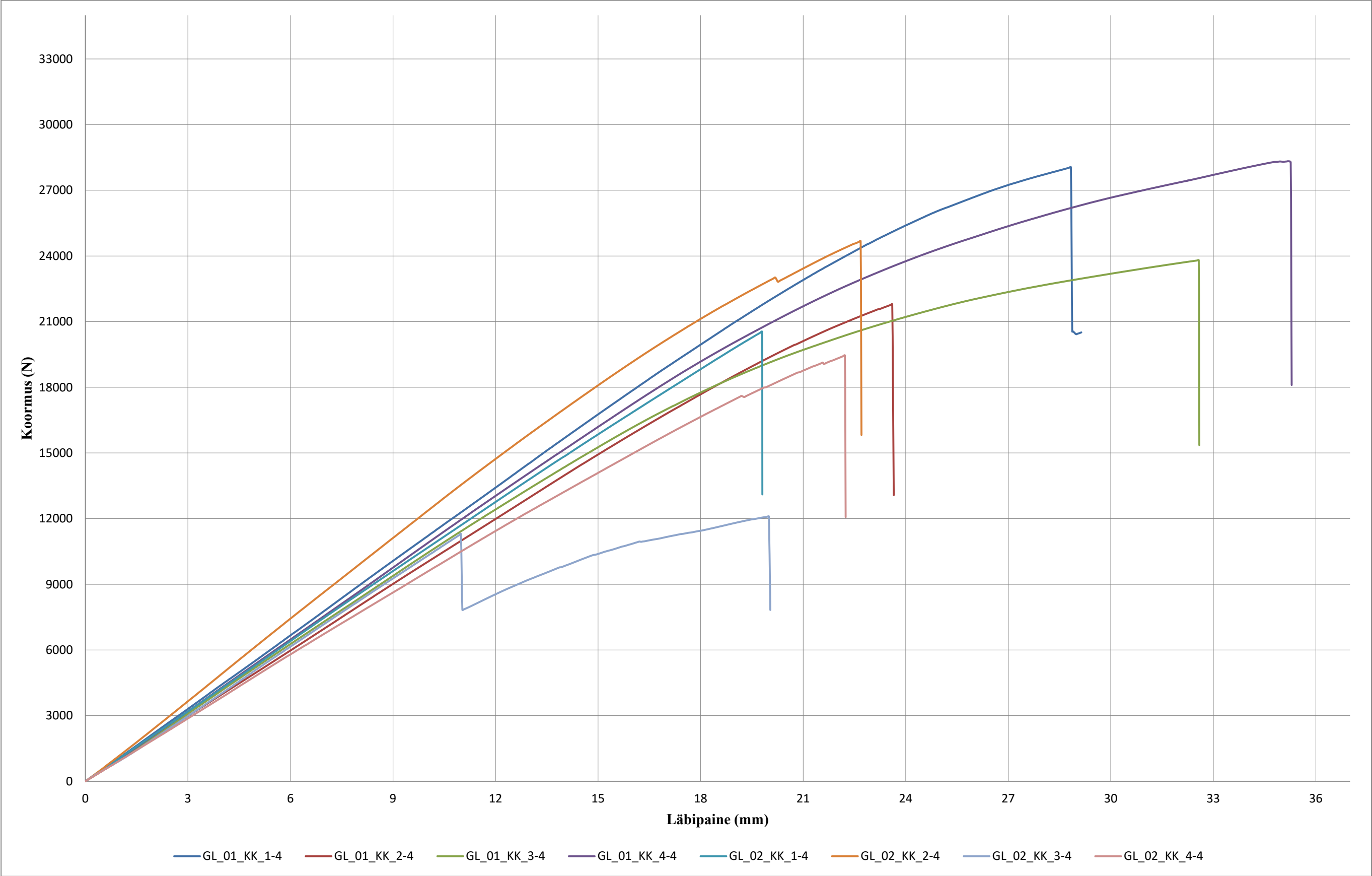
Lisa 7. 90° all (*rectangular shape*) koormatud paindekatsete katse- ja arvutustulemuste koondtabel

Katsekeha nimetus	Ristlõike kombinatsioon (kihid seest välja)	Max jõud (N)	Painde-moment (Nmm)	Painde-tugevus (MPa)	Painde-elastsus-moodul (MPa)	Läbi-paine max F (mm)	Jäävdeformatsioon (mm)
CCLT 02 KK 1-3	tamm, haab, kask, tamm	26749	5349712	56,42	8961,02	33,23	7,20
CCLT 02 KK 2-3	tamm, haab, kask, tamm	26043	5208561	54,93	11648,95	19,62	8,18
CCLT 02 KK 3-3	tamm, haab, kask, tamm	26793	5358596	56,52	9931,15	28,60	4,60
CCLT 02 KK 1-2	tamm, haab, kask, tamm	32427	6485387	68,40	9813,95	39,24	5,22
CCLT 02 KK 2-2	tamm, haab, kask, tamm	25272	5054338	53,31	9834,54	26,71	9,10
CCLT 02 KESKMINE:		27457	5491319	57,92	10037,92	29,48	6,86
CCLT 03 KK 1-3	saar, haab, kask, saar	44099	8819849	93,02	14069,43	34,98	13,29
CCLT 03 KK 2-3	saar, haab, kask, saar	45794	9158831	96,60	12867,16	52,78	16,68
CCLT 03 KK 3-3	saar, haab, kask, saar	41245	8249004	87,001	11878,56	48,54	14,21
CCLT 03 KK 1-2	saar, haab, kask, saar	42937	8587417	90,57	11771,99	50,03	111,06
CCLT 03 KK 2-2	saar, haab, kask, saar	42279	8455879	89,13	14053,40	43,47	21,99
CCLT 03 KESKMINE:		43271	8654196	91,27	12928,11	45,96	35,45
CCLT 04 KK 1-3	kask, haab, must lepp, kask	27156	5431118	57,28	11666,22	33,81	5,25
CCLT 04 KK 2-3	kask, haab, must lepp, kask	34994	6998832	73,82	11925,52	34,24	7,14
CCLT 04 KK 3-3	kask, haab, must lepp, kask	34145	6829067	72,03	11845,84	32,48	9,05
CCLT 04 KK 1-2	kask, haab, must lepp, kask	34770	6953983	73,343	11555,33	37,12	5,60
CCLT 04 KK 2-2	kask, haab, must lepp, kask	32213	6442651	67,95	11294,76	31,86	2,76
CCLT 04 KESKMINE:		32656	6531130	68,88	11675,53	33,90	5,96
GL 01 KK 1-4	kuusk	28051	5610152	59,17	10678,86	28,83	1,86
GL 01 KK 2-4	kuusk	21790	4357955	45,96	9550,76	23,61	51,05
GL 01 KK 3-4	kuusk	23803	4760502	50,21	9972,04	32,57	36,55
GL 01 KK 4-4	kuusk	28327	5665331	59,75	10409,56	35,20	24,59
GL 01 KESKMINE:		25492	5098485	53,77	10152,80	30,05	28,51
GL 02 KK 1-4	kuusk	20537	4107496	43,32	10180,94	19,80	13,11
GL 02 KK 2-4	kuusk	24677	4935449	52,05	1182,22	22,68	11,41
GL 02 KK 3-4	kuusk	12095	2419091	25,51	9943,43	20,00	11,44
GL 02 KK 4-4	kuusk	19453	3890558	41,03	9146,63	22,22	9,76
GL 02 KESKMINE:		19191	3838149	40,48	10278,31	21,17	11,43

Lisa 8. 90° all (*rectangular shape*) koormatud CCLT-seeria paindekatsete purunemisgraafikud



Lisa 9. 90° all (*rectangular shape*) koormatud *GL*-seeria paindekatsete purunemisgraafikud



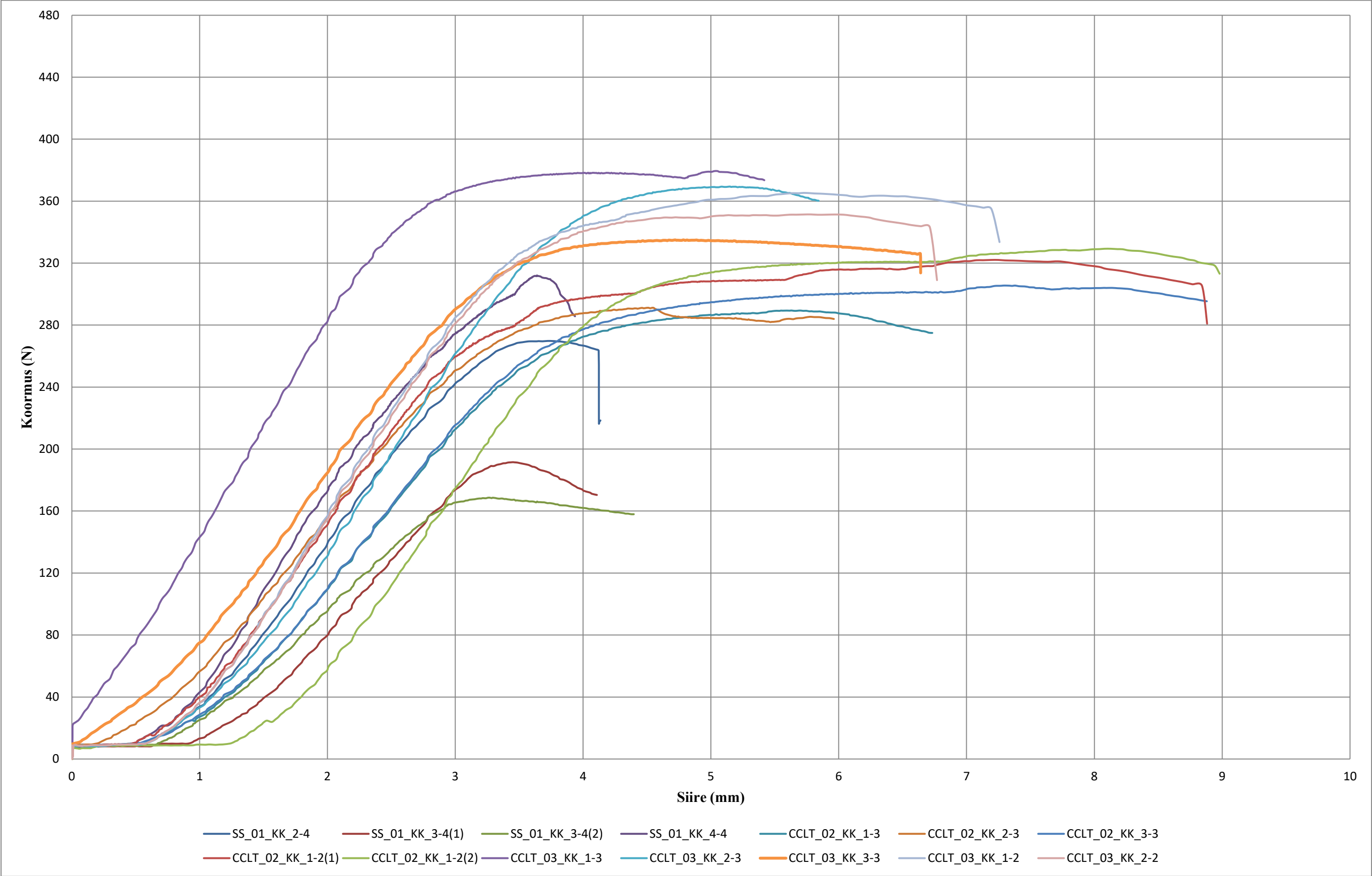
Lisa 10. Survekatsete katse- ja arvutustulemuste koondtabel pikikiudu

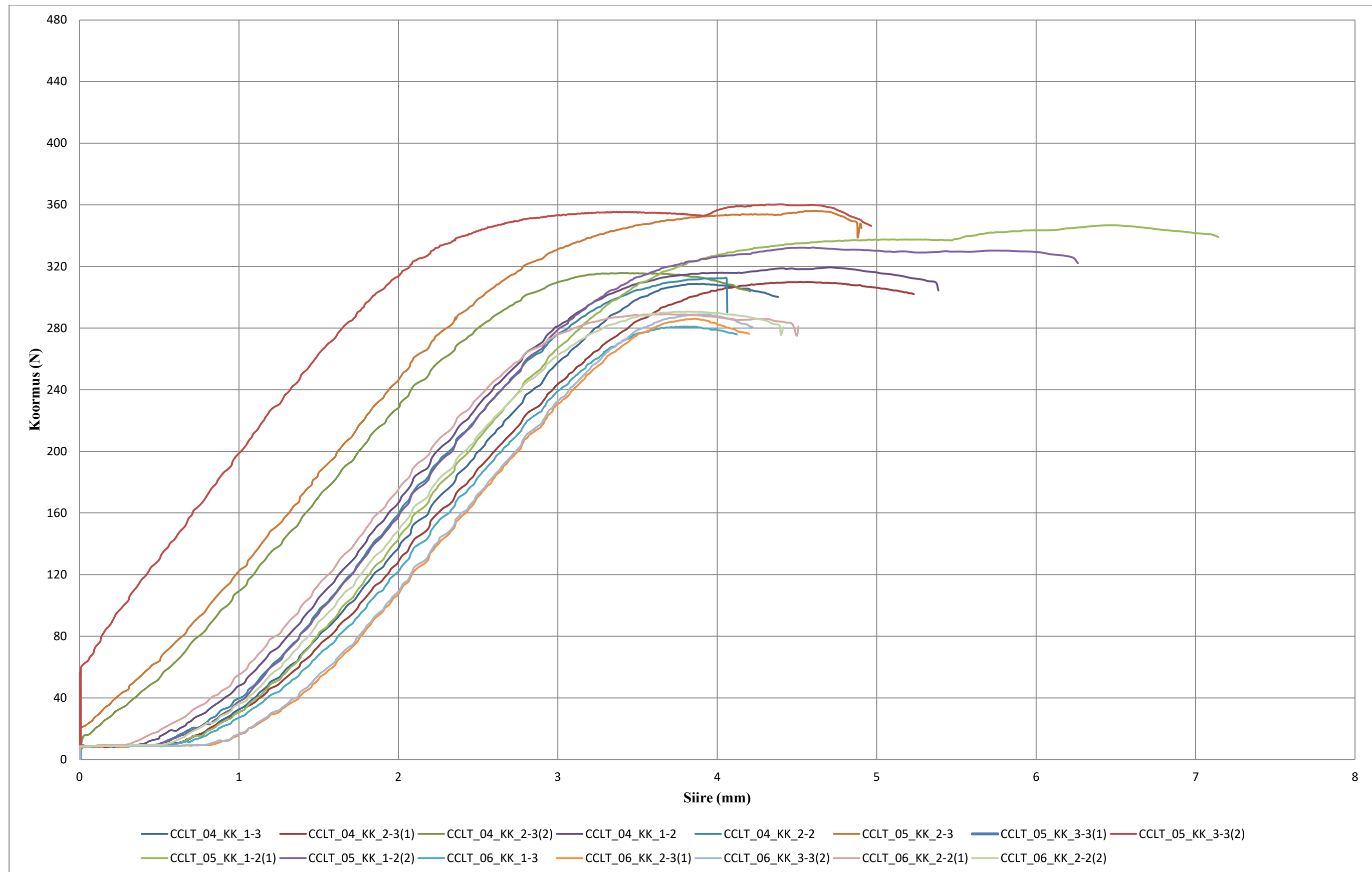
Katsekeha nimetus 1	Ristlõike kombinatsioon (kihid seest välja) 2	Max jõud (N) 3	Surve- tugevus (MPa) 4	Surve- elastsus- moodul (MPa) 5	Siire max F (mm) 6	Jääv- deformatsioon (mm) 7
SS 01 KK 2-4	kuusk	269778	42,15	7310,42	3,72	3,00
SS 01 KK 3-4 (1)	kuusk	191544	29,93	5292,26	3,45	2,50
SS 01 KK 3-4 (2)	kuusk	168651	26,35	4686,61	3,27	2,20
SS 01 KK 4-4	kuusk	312020	48,75	9205,18	3,64	2,00
SS 01 KESKMINE:		235498	36,80	6623,62	6623,62	2,43
CCLT 02 KK 1-3	tamm, haab, kask, tamm	289427	45,22	6385,78	5,63	2,20
CCLT 02 KK 2-3	tamm, haab, kask, tamm	291169	45,50	6516,56	4,54	1,20
CCLT 02 KK 3-3	tamm, haab, kask, tamm	305530	47,74	6547,92	7,38	2,50
CCLT 02 KK 1-2 (1)	tamm, haab, kask, tamm	322054	50,32	7882,76	7,25	3,50
CCLT 02 KK 1-2 (2)	tamm, haab, kask, tamm	329265	51,45	7773,57	8,13	2,50
CCLT 02 KESKMINE:		312004	48,75	7021,32	7021,32	2,43
CCLT 03 KK 1-3	saar, haab, kask, saar	379438	59,29	9417,70	5,05	1,10
CCLT 03 KK 2-3	saar, haab, kask, saar	369403	57,72	7939,27	5,15	1,50
CCLT 03 KK 3-3	saar, haab, kask, saar	334973	52,34	6826,00	4,79	2,00
CCLT 03 KK 1-2	saar, haab, kask, saar	365317	57,08	9188,23	5,73	2,00
CCLT 03 KK 2-2	saar, haab, kask, saar	351437	54,91	8929,27	5,78	2,00
CCLT 03 KESKMINE:		355282	55,51	8460,09	5,36	1,88
CCLT 04 KK 1-3	kask, haab, must lepp, kask	308655	48,227	7777,87	3,91	0,90
CCLT 04 KK 2-3 (1)	kask, haab, must lepp, kask	309977	48,434	7347,32	5,52	0,80
CCLT 04 KK 2-3 (2)	kask, haab, must lepp, kask	315745	49,335	7964,47	3,43	1,20
CCLT 04 KK 1-2	kask, haab, must lepp, kask	319410	49,908	8057,15	4,71	1,10
CCLT 04 KK 2-2	kask, haab, must lepp, kask	312380	48,809	8127,01	4,04	1,00
CCLT 04 KESKMINE:		314378	49,122	7858,36	4,42	1,03
CCLT 05 KK 2-3	saar, must lepp, kask, saar	356124	55,64	8216,17	4,60	1,00
CCLT 05 KK 2-3 (1)	saar, must lepp, kask, saar	347651	54,32	9612,94	4,15	1,50
CCLT 05 KK 2-3 (2)	saar, must lepp, kask, saar	360270	56,29	10683,93	4,40	1,80
CCLT 05 KK 1-2 (1)	saar, must lepp, kask, saar	346690	54,17	8536,35	6,49	1,50
CCLT 05 KK 1-2 (2)	saar, must lepp, kask, saar	332269	51,92	8782,32	4,60	1,20
CCLT 05 KESKMINE:		346720	54,17	9166,34	4,91	1,50

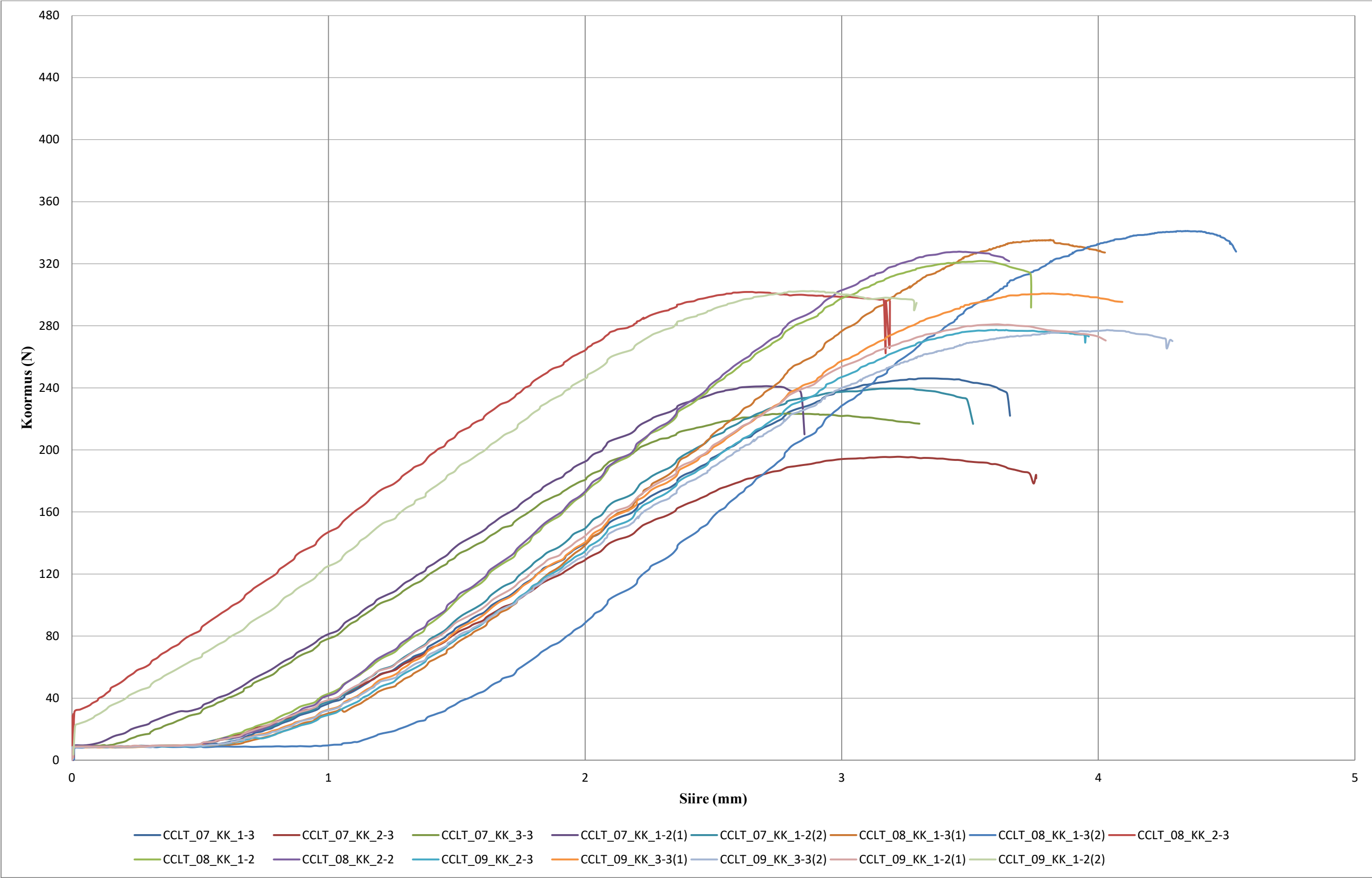
Lisa 10 järg

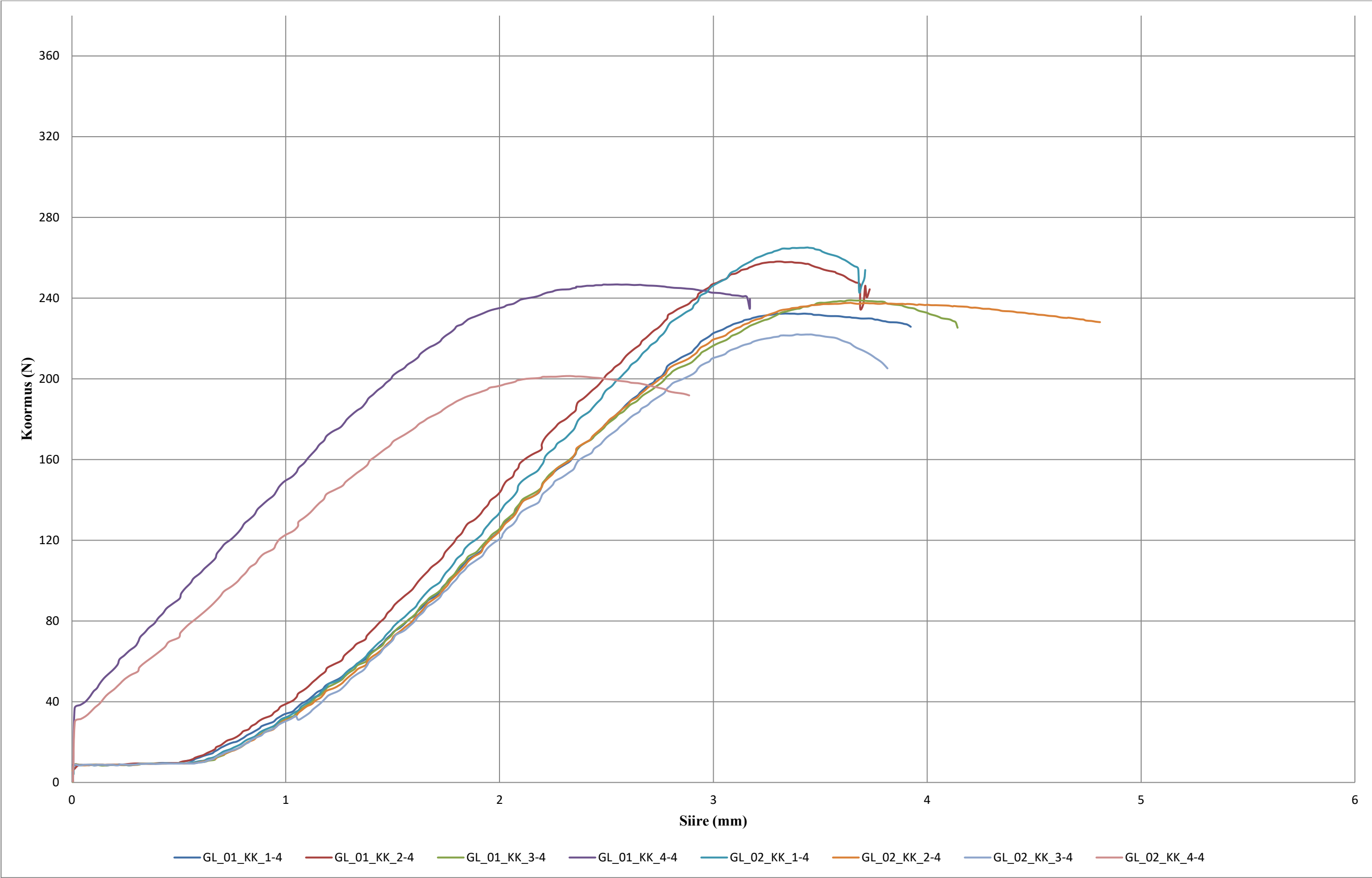
1	2	3	4	5	6	7
CCLT 06 KK 1-3	kask, haab, kuusk, kask	281014	43,91	7094,86	3,79	1,00
CCLT 06 KK 2-3 (1)	kask, haab, kuusk, kask	286002	44,69	7566,93	3,86	0,50
CCLT 06 KK 2-3 (2)	kask, haab, kuusk, kask	288946	45,15	7603,16	3,91	1,00
CCLT 06 KK 2-2 (1)	kask, haab, kuusk, kask	289006	45,16	7694,95	3,68	1,00
CCLT 06 KK 2-2 (2)	kask, haab, kuusk, kask	290628	45,41	7979,99	3,83	0,80
CCLT 06 KESKMINE:		288645	45,10	7587,98	3,82	0,83
CCLT 07 KK 1-3 (1)	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	335454	52,41	6980,18	3,81	0,50
CCLT 07 KK 1-3 (2)	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	341162	53,31	5677,37	3,35	1,00
CCLT 07 KK 2-3	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	301805	47,16	6855,00	2,65	1,00
CCLT 07 KK 1-2 (1)	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	321754	50,27	6513,14	3,55	0,80
CCLT 07 KK 1-2 (2)	kuusk, kuusk, kuusk, kuusk	327823	51,22	7353,81	3,46	0,50
CCLT 07 KESKMINE:		323136	50,49	6675,90	3,25	0,83
CCLT 08 KK 1-3 (1)	mänd, haab, must lepp, mänd	335454	52,41	8593,53	3,81	0,50
CCLT 08 KK 1-3 (2)	mänd, haab, must lepp, mänd	341162	53,31	8638,01	3,35	1,00
CCLT 08 KK 2-3	mänd, haab, must lepp, mänd	301805	47,16	8590,63	2,65	1,00
CCLT 08 KK 1-2	mänd, haab, must lepp, mänd	321754	50,27	8709,73	3,55	0,80
CCLT 08 KK 2-2	mänd, haab, must lepp, mänd	327823	51,22	9138,78	3,46	0,50
CCLT 08 KESKMINE:		323136	50,49	8734,14	3,25	0,83
CCLT 09 KK 2-3	haab, haab, haab, haab	277469	43,35	7681,63	3,60	1,00
CCLT 09 KK 3-3 (1)	haab, haab, haab, haab	300783	47,00	7917,22	3,82	0,50
CCLT 09 KK 3-3 (2)	haab, haab, haab, haab	277289	43,33	7276,55	4,03	1,00
CCLT 09 KK 1-2 (1)	haab, haab, haab, haab	280954	43,90	7210,51	3,60	0,70
CCLT 09 KK 1-2 (2)	haab, haab, haab, haab	302406	47,25	7901,32	2,89	1,00
CCLT 09 KESKMINE:		290358	45,37	7597,45	3,59	0,80
GL 01 KK 1-4	kuusk	232344	36,30	5922,18	3,34	1,00
GL 01 KK 2-4	kuusk	258121	40,33	6977,71	3,31	0,60
GL 01 KK 3-4	kuusk	238953	37,34	6390,31	3,64	2,00
GL 01 KK 4-4	kuusk	246765	38,56	8619,39	2,55	0,50
GL 01 KESKMINE:		244046	38,13	6977,40	3,21	1,03
GL 02 KK 1-4	kuusk	265091	41,42	7083,29	3,44	0,40
GL 02 KK 2-4	kuusk	237691	37,14	6235,70	3,64	1,60
GL 02 KK 3-4	kuusk	222089	34,70	6050,76	3,39	0,60
GL 02 KK 4-4	kuusk	201399	31,47	6801,84	2,33	0,50
GL 02 KESKMINE:		231567	36,18	6542,90	3,20	0,78

Lisa 11. Survekatsete purunemisgraafikud pikikiudu









Lisa 12. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Genno Geven Luhtaru,
sünniaeg 02.03.1994

Mina, Kristo Peedosaar,
sünniaeg 26.02.1994

1. anname Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Kontsentrilise asetusega erinevatest puiduliikidest lamellidega liimpuitlattide tugevusomaduste uurimine, nende kasutamiseks puitvõrkkoorikutes,

mille juhendaja on Tõnis Teppand,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguste kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. oleme teadlikud, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autoritele;

3. kinnitame, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, _____
(kuupäev)

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, _____
(kuupäev)

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)